革新的農業技術研修テキスト

農業機械開発・実用化機種の特徴と活用上の留意点

平成１８年１１月

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

生物系特定産業技術研究支援センター

目　　次

Ⅰ　稲作用高性能機械の特徴と利活用
１．我が国の稲作機械の新技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１
２．自動直進田植機・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９

Ⅱ　農薬散布と環境について
１．ドリフト低減ノズルの特徴と選択について・・・・・・・・・・・・１４
２．ドリフト低減型ノズルの活用上のポイント・・・・・・・・・・・・２０
３．果樹用農薬飛散制御型防除機の開発状況・・・・・・・・・・・・・３０

Ⅲ　果樹・野菜用高性能機械の特徴と利活用
１．果樹用機械の特徴と利活用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３４
２．我が国の野菜用機械の新技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４０
３．青果物の調製選別用機械・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４７

Ⅳ　畜産用高性能機械の特徴と利活用
１．生研センターにおける飼料用機械の開発・・・・・・・・・・・・・５６
２．家畜管理工学研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・６０
３．高品質堆肥生産に関わる機械・装置・・・・・・・・・・・・・・・・６３

我が国の稲作機械の新技術

Ⅰ　はじめに

日本における稲作の機械化の進展は目覚しく、トラクタや田植機、コンバインなどの普及により図１に示すように 10ａ当りの労働時間も約 33 時間と少なくなっている。しかし、米の輸入に対する外圧、国内消費量の減少、環境負荷に対する要求、消費者ニーズの多様化、農業従事者の高齢化など、稲作を取り巻く環境は非常に厳しくなっている。これを打開するためには、より一層の低コスト化、環境に対する配慮、さらに農産物の高品質化などのための稲作機械の開発が急務となっている。

そこで生研センターでは、平成５～９年度に農業機械等緊急開発事業（緊プロ）、平成 10～14 年度に 21 世紀型農業機械等緊急開発事業（21 緊プロ）、平成 15 年度より次世代型農業機械等緊急開発事業（次世代緊プロ）を実施し、その一環として新しい稲作機械の開発を進めている。

ここでは、開発した稲作機械及び開発中の稲作機械の一端を紹介する。

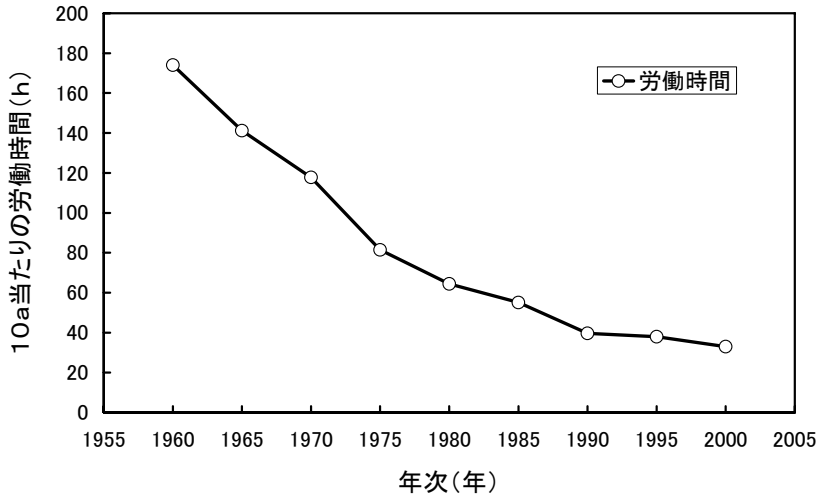


図１　稲作における労働時間の推移（販売農家）

Ⅱ　生研センターで開発及び開発中の稲作機械

緊プロ事業、２１緊プロ事業で開発した稲作機械をそれぞれ表１，表２に、次世代緊プロ事業で開発中の稲作機械を表３に示す。これらの稲作機械は新しい稲作機械化体系を構築する上で、４つの視点（①低コスト、省力化、②環境負荷軽減、③穀物の高品質化、④中山間地域対策）で開発された。

１）低コスト、省力化に資する機械

耕うんロボット、高速耕うんロータリ、高精度水稲種子コーティング装置、高精度水稲湛水直播機、密植田植機、水田栽培管理ビークル、大型汎用コンバイン、農用車両用自律直進装置、高速代かき機、

２）環境負荷軽減に資する機械

軽量紙マルチ敷設田植機、畦畔草刈機、高精度水田除草機、環境保全型汎用薬剤散布装置

３）穀物の高品質化に資する機械

穀物遠赤外線乾燥機、米品質測定評価装置、穀物自動乾燥調製装置、ＰＦ機器（農用車両用作業ナビゲータ、ほ場内簡易土壌分析装置、土壌サンプリング装置、作物生育情報測定装置、可変施肥装置、穀物収穫情報測定装置）、生体情報測定コンバイン

４）中山間地域対策に資する機械

中山間地域対応自脱型コンバイン、中山間地域対応防除機

表１　緊プロ課題一覧（研究が終了した課題）

研究課題	試験研究の目標	参画企業
耕うんロボット（共同研究）	ほ場内の自己位置及び進行方向を認識し、各人の場合と同程度の作業能率で、無人で耕うん整地を行うことのできる作業者	クボタ、日本航空電子工業）
高速耕うんロータリー（共同研究）	現行機と同程度以上の作業精度を維持しつつ、0.7m/s 程度の作業速度で耕うんを行うことのできるトラクター搭載式の耕うんロータリー	ヤンマー農機
装軌式農業用車両の高速化技術（委託研究）	クローラトラクタなど、ゴムクローラを使用した装軌式農業用車両の走行速度を高速化する技術	ヤンマー農機
高精度水稲種子コーティング装置（共同研究）	種子コーティング資材の投入及び水の噴霧の制御を自動で行うことによって、性状の均一な水稲直播用コーティング種子を乾籾 10kg 当たり、30 分程度の能率で製造する装置	初田工業、ヤンマー農機
高精度水稲湛水直播機（共同研究）	水稲の湛水条播又は湛水散播をは種深さ及び密度を均一に保ちつつ行うことのできる乗用型直播機	井関農機、クボタ、三菱農機）、ヤンマー農機、共立、ササキコーポレーション、初田工業
密植田植機（共同研究）	周囲の株との距離をほぼ等間隔とすることにより、密書を行うことのできる乗用型田植機	井関農機、クボタ、三菱農機）、ヤンマー農機、
軽量紙マルチ敷設田植機（共同研究）	軽量紙マルチを水田に敷設すると同時に田植えを行い、14/時程度の作業能率を有する乗用型田植機	三菱農機、三洋製紙
水田用栽培管理ビークル（共同研究）	各種作業機を搭載して、田植作業については乗用型田植機と同程度、施肥、除草及び病虫害防除の作業については、40a/時以上の能率で行うことのできる汎用性のある乗用型作業者。	井関農機、クボタ、三菱農機）、ヤンマー農機、有光工業、共立、初田工業
畦畔草刈機（共同研究）	天端 30cm 程度、法面 30～70cm 程度の水田畦畔の雑草を、法面の幅に合わせて刈り幅を調整しながら、二面同時に安定した作業姿勢で刈取ることができる草刈機	クボタ
大型汎用コンバイン（委託研究）	刃幅 3.4m程度のヘッダー部とスクリュー型脱穀機構を有し、水稲、麦、大豆、ソバ、ハトムギ等の作物の収穫作業を 50a/時以上の作業能率で行う普通型コンバイン	ヤンマー農機、クボタ
穀物遠赤外線乾燥機（共同研究）	遠赤外線放射体の加熱により放射される遠赤外線及び放射体加熱残熱を利用して、米麦等穀物の乾燥作業を、0.4%/時以上の速度で行うことのできる循環式乾燥機。	井関農機、金子農機、サタケ、静岡製機、山本製作所
米品質測定評価装置（共同研究）	米の水分、千粒重、整粒割合等の一次的品質と食味に関連する二次的品質を測定し、総合的に品質表示を行う装置	井関農機、クボタ、ケット科学研究所、サタケ、静岡製機

表２　２１緊プロ課題一覧（研究が終了した課題）

研究課題	試験研究の目標	参画企業
農用車両用自律直進装置（委託研究）	ラクター、田植機等のほ場で用いる農用車両に装着し、耕うん、田植え作業等において直進して作業を行う場合に、自律直進走行を行い、運転操作を補助・支援する装置	日本航空電子工業、井関農機、ヤンマー農機
高速代かき均平機（共同研究）	慣行と同程度の作業精度を維持しつつ、より高速で代かきと均平を行うことのできるトラクター搭載式の代かき均平作業機	小橋工業、ササキコーポレーション、井関農機、クボタ、ヤンマー農機
高精度水田用除草機（共同研究）	水稲の条間及び株間の機械的除草を同時に行うことのできる乗用型除草機	井関農機、クボタ
中山間地域対応自脱型コンバイン（委託研究）	小区画ほ場での収穫作業や狭い農道での移動に対応し、かつ軽トラックに積載可能な構造を有する自脱型コンバイン。	三菱農機、ヤンマー農機
穀物自動乾燥調製装置（共同研究）	遠赤外線を利用した乾燥機構及び遠心力を利用したもみすり機構を有し、乾燥、もみすり、選別、精米等を一貫して行うことのできる装置	金子農機、静岡製機、山本製作所
農用車両用作業ナビゲータ（共同研究）	ＧＰＳ等を利用し車両位置、方位情報等を高精度に取得するとともに、別途入力された土壌や作物の情報等をもとに、メッシュごとの精密作業を指示する装置	ソキア、ＤＸアンテナ、日本航空電子工業、日本電計、日本無線、井関農機、ヤンマー農機、
ほ場内簡易土壌分析装置（委託研究）	立毛中にほ場内で、簡易かつ迅速に土壌分析を行い、分析結果と測定点の位置情報を記録することのできる装置	荏原製作所、藤原製作所、三菱農機
土壌サンプリング装置（委託研究）	施設内の精密な土壌分析に必要な数多くの土壌サンプルをほ場内で採取し、同時にその採取位置情報を記録することのできる装置。	ヤンマー農機、日立製作所、堀場製作所
作物生育情報測定装置（委託研究）	作物の葉色等を位置情報とともに遠隔測定し、メッシュごとの葉色の状態を表す葉色マップ等を作成する装置	荏原製作所、ミノルタ、ヤマハ発動機、ヤンマー農機
可変施肥装置（共同研究）	走行中に施肥量を段階的に制御することにより、ほ場メッシュ毎の施肥情報に従って、肥料を精密に施用することができる装置	井関農機、初田工業、ヤンマー農機
粒状資材等のモニタリング技術（共同研究）	種子、肥料等粒状資材の搬送管路内の流量を自動的に検出し、表示する技術	インステック
穀物収穫情報測定装置（共同研究）	コンバインにより収穫した穀物の水分、質量等を収穫作業と同時行程で位置情報とともに測定記録し、メッシュ毎の収量マップを作成する装置	近江度量衡、静岡製機、ヤンマー農機

表３　緊プロ一覧（研究中の課題）

研究課題	試験研究の目標	参画企業
植付け苗量制御技術 （共同研究）	田植機の苗の状態や残量に応じて苗送り量等を自動制御することにより、苗を均一かつ少量に植付ける技術	井関農機、クボタ
中山間地域対応型防除機の開発 （共同研究）	小区画・不定形ほ場の畦畔上を、走行ないし歩行しながら、農薬散布作業を行うことのできる小型・軽量の散布機。	ヤンマー農機
環境保全型汎用薬剤散布装置 （共同研究）	トラクタまたは乗用管理機（水田用、野菜栽培管理ビークル等）に搭載する方式で、ドリフト及び作業者被爆を低減しつつ、効率的な散布作業が可能な散布装置を開発する。	共立、丸山製作所、ヤマホ工業
生体情報測定コンバインの開発 （共同研究）	水稲の収穫と同時に、生体重、品質等の生体情報を測定できるコンバイン	荏原製作所、静岡製機、ヤンマー農機

Ⅲ　新しい稲作技術である日本型水稲精密農業（ＰＦ）

政府が打ち出した米政策改革大綱「米づくりのあるべき姿に向けて」では軸足を消費者に置いた新しい米の生産流通システムが求められている。多様な消費者ニーズに対応するためには、多様な生産環境を把握し、それぞれに対応した適正な管理を行って、ニーズに応じた米を生産する技術が必要である。

そこで、生研センターでは、環境負荷低減と高品質農産物の生産を両立するため、最新のＩＴ技術を中核に据えた農法である日本型精密農業の確立を進めている。平成 10～14 年度の 21 世紀型農業機械等緊急開発事業（21 緊プロ）では個別の機械開発を、平成 15～18 年度の次世代型農業機械等緊急開発事業（次世代緊プロ）では 21 緊プロで開発したＰＦ機器を組み合わせ、新しい農法としてシステム化を図る日本型水稲精密農業（ＰＦ）実証試験を行っている。ここでは、個別の機械の概要とそれを組み合わせた実証試験の概要を紹介する。

１．精密農業とは

精密農業とは、図２に示すように、ほ場（メッシュ）毎の土壌や作物の状態などを的確かつ詳細に把握し**（センシング装置）**、その結果に基づいて施肥等を過不足なく効率的に行うこと**（アプリケータ）**により、環境負荷の低減、収量の増加、品質の向上、生産コストの削減**（効果）**を同時に可能にする栽培管理技術である。

今回、このうちセンシング技術としては土壌情報測定装置、作物生育情報測定装置、穀物収穫情報測定装置を、アプリケータとしては可変施肥装置、位置情報と各種センシング装置とアプリケータの橋渡し役である作業ナビゲータを開発している。

【センシング装置】

ほ場（メッシュ)）毎の土壌や作物の状態などを的確かつ詳細に把握し

↓

【アプリケータ】

施肥等を過不足なく効率的に行うことにより

↓

【効　果】

環境負荷の低減、収量の増加、品質の向上、生産コストの削減

を同時に可能にする**栽培管理技術**

図２　精密農業の概念

２．日本型水稲精密農業（ＰＦ）関連機器

１）作物生育情報測定装置

作物の栄養状態を科学的に把握するため、携帯式及び無人ヘリ搭載式の作物生育情報測定装置を開発した。携帯のセンサ部は，鉛直方向上向きと下向きの分光センサで構成され、上向きのセンサは太陽光の強度を測定し，下向きのセンサは稲から反射される光の強度を測定する。上下の光強度の比（光の反射率）から，稲の栄養状態を診断する。

無人ヘリ搭載式は，産業用無人ヘリコプタで 50m程度上空から分光撮影式のデジタル画像を取得し、その画像を解析して水稲の葉色や生育量を求める空中測定式の作物生育情報測定装置である。

図４　作物生育情報測定装置（携帯式）

図５　作物生育情報測定装置（無人ヘリ搭載式）

２）収量コンバイン

コンバインにより収穫した穀物の水分、質量等を収穫作業と同時工程で位置情報とともに測定記録できるコンバイン搭載型の装置。域内をほ場単位で測定記録する広域管理向けが主な方式である。

図６　収量コンバイン

４）可変施肥装置

各種センサ入力ポート、直流モータコントローラ、シリアル通信ポート及び演算機能を有する制御部と、施肥量及び仮比重の入力と表示、手動モードと自動モードの切り替えを行う表示部で構成される可変施肥装置。作物生育情報測定装置や収量コンバインの情報を基に可変施肥を行う装置であり、側条施肥装置付き田植機に装着した基肥用可変施肥装置と水田ビークル用粒状物散布機等に装着した追肥用可変施肥装置がある。

図７　可変施肥装置（基肥用）

図７　可変施肥装置（追肥用）

３．日本型水稲精密農業の概要

図５に示すように、土壌情報や前年度の施肥及び収量コンバインの収量結果をもとにほ場ごとの基肥設計を行い、側条施肥装置付き田植機に装着した基肥用可変施肥装置で田植え作業を行いながら、必要な施肥を行う。さらに携帯式あるいは無人ヘリ搭載式の作物生育装置によって形成期に作物の栄養状態を把握しその結果をもとに追肥設計を行い、水田ビークル用粒状物散布機等に装着した追肥用可変施肥装置よって可変施肥（追肥）を行う。

水稲成熟期に作物生育情報測定装置によってタンパク質含量を推定し、収量コンバインで水稲を収穫しながら水分、収量を測定する。この結果を来年の水稲栽培に繋げていく。

現在、このシステムを実証するために、新潟県及び宮城県で実証試験を行っている。

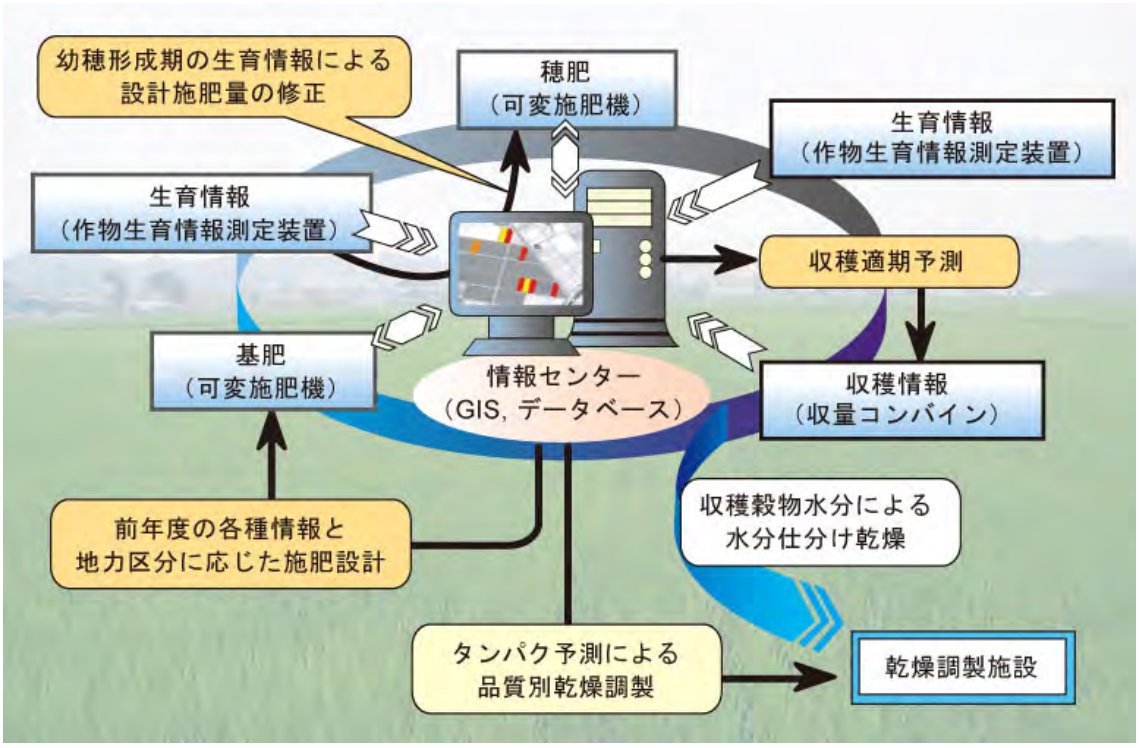


図８　日本型水稲精密農業（ＰＦ）の概要

４．日本型水稲精密農業の効果

１）環境負荷低減効果

作物の生育状態を科学の目で正確に把握できるので、不必要な施肥を行う必要がなくなり、施肥量が 15～20%削減可能となり、環境負荷低減に貢献できる。

２）高品質米生産

不必要な施肥を行わないとともに適期収穫が可能となるため、品質の向上と平準化に貢献できる。さらに、作物生育情報測定装置によって推定した蛋白含量によって仕分け乾燥も可能となり、消費者ニーズにあった多様化した高品質な米生産及び用途別の米生産が可能となる。

５，日本型精密農業実証試験

この農法は、現在２地区（新潟県、宮城県）で農家や集団にＰＦ機器を導入して実証を行っており、問題点を抽出し、改良を加えながら実用システムの確立に向けて研究を進めている。

自動直進田植機

Auto-Steering Rice Transplanter
for Straight Traveling

生研センター基礎技術研究部　メカトロ研

はじめに

乗用田植機による田植え作業は，圃場の外周部（枕地）を除き，ほとんどが圃場端でUターンを行う往復の直進作業の繰り返しで行われる。その往復直進作業では，各行程が平行で隣接行程間を30cm条間に合わせるように条合わせ運転が行われるが，田植機の直進走行性はあまり良好ではなく，硬盤も必ずしも平坦でないため，田植機を隣接条に「平行に」かつ「まっすぐ」運転させるのは難しい。

「平行にまっすぐ」運転しやすいように，田植機には条あわせマーカーが装備されているが，前行程で田面につけたマーカー跡を見続け，細かいハンドル操作を繰り返すのは目も疲れ，肩も凝る。田面水が深い「湛水状態」では頼りにするマーカー跡が見難く，まともに田植えができないことも多い。さらに，オペレータは前方を注視しながらの忙しいハンドル操作を行いつつも，植付けが正常に行われているかの確認や田植機上の苗残量にも気を遣う必要があり，田植え作業におけるオペレータの負担は大きいのが現状である。

このような現状の田植機作業におけるオペレータの負担を軽減するとともに，走行・作業中の苗継ぎや作業状況の確認，作業部の調整などを可能にして，作業能率や精度を向上させることを目標に，直進作業行程におけるハンドル操作を自動で行うことができる自動直進田植機（以下，直進田植機）の開発を行った。加えて，直進田植機は湛水状態の水田でも普通に田植えが行え，田植え前に強制落水を行う必要がないというメリットもあり，その導入効果はかなり高いと考えられる。

本稿では，直進田植機の構成や機能，導入効果と実証試験の結果などについて概説する。

１．直進田植機の開発

直進田植機は，農業機械等緊急開発事業（21緊プロ）として，井関農機(株)，日本航空電子工業(株)，およびヤンマー農機(株)と共同で開発を行った。日本航空電子工業(株)は航空機などの航法センサとして使われるジャイロ等を製造・販売しており，本開発では自動直進のための航法センサや田植機の直進制御用ソフトウェア（プログラム）の開発などを担当した。

直進田植機は４年間の研究・開発の後，2005 年には各地の農家水田での実証試験を行い，実用化への課題等の整理と対応を行った。

２．直進田植機の概要

直進田植機は，田植え作業における往復の直進作業行程で，事前に取得した目標進行方向への自動直進走行が行える田植機であり，自動操舵ができるようにした田植機に，車両の進行方向を検出する航法センサ，操舵制御等を行うコントローラ及び操作盤により構成される直進装置を装備したものである（図１）。なお，以下の説明の中で，目標進行方向を目標方位，車両の進行方向を進行方位，または車両方位という場合があるが，方向と方位は同義と考えていただきたい。

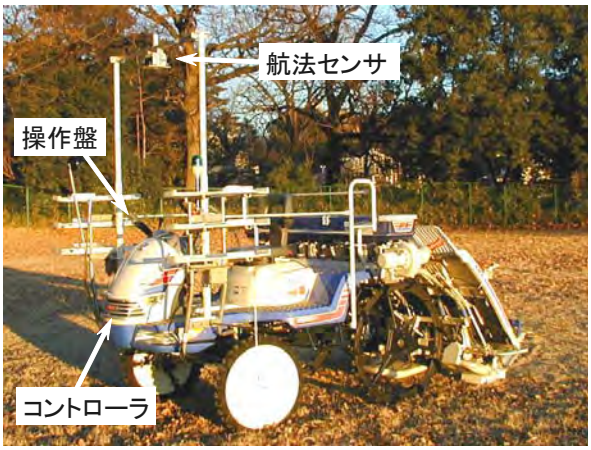


図１　直進田植機の外観

1）直進装置の構成

直進装置の構成等を以下に示す。

①ボンネット上方のフレーム上に取り付けられた航法センサは，電気的な方位磁石（コンパス）である地磁気方位センサ（３軸）や進行方向の角速度を検出するジャイロセンサ，傾斜角センサ，信号処理回路等から構成され，10cm 角程度の筐体に納められている。

コントローラは，航法センサからの進行方位情報や田植機からの作業状態情報など入力し，操舵制御信号を出力するもので，シングルチップマイコンと周辺回路で構成され，ボンネット内に装備されている。

図２　直進田植機の操作盤

②コントローラに組み込まれた制御ソフトウェアは，自動直進の目標方位を取得するティーチングソフトと，目標方位への直進制御（操舵制御）を行う直進制御ソフト，及びシステムの自己診断などの付加機能ソフトから構成されている。

③操作盤は，使用頻度の多い自動直進ボタンや左右経路修正ボタンを前面に大きめに配置し，操向ハンドルの右下に装備している（図２）。

なお，2005 年度の実証試験に供した直進田植機は，取扱い性等を考慮して，これらの航法センサや操作盤の外観や配置は異なるものなっている。

2）直進制御方法

直進田植機では，自動直進のための航法センサとして，GPS のような位置検出センサではなく，地磁気方位センサをベースに方位センサを構成，適用している。

方位センサにより車両の進行方位を検出して，平行な直進走行を実現するためには，最初に取得・設定された目標方位に対し，田植機を常にその目標方位と一致する方向に走行させるよう操舵を制御する必要がある。本直進装置では以下の制御ループ構成を適用した。

車両方位角制御ループは，目標方位と現在の車両方位の差に方位角ゲインを乗じた量を角速度指令として，車両方位角速度を制御する角速度制御ループに与える構成を採用した（図３参照）。 車両方位角速度はジャイロセンサを使って検出している。

車両を常に目標方位に向けて走行させるためには，目標方位と車両方位の差（制御偏差）が常に小さくなるように制御することが必要である。つまり，方位角ゲインを大きくし，車両方位角制御ループの応答性を高くする必要がある。そのためには，車両方位角制御ループの応答性に比較し，その内側にある角速度制御ループの応答性が十分に高くなくてはならない。そこで本装置では，操舵アクチュエータの特性や車両運動の特性を考慮し，角速度制御ループ内の操舵アクチュエータゲインが，操舵アクチュエータに対して最適な制御指令を与えるように配慮して，角速度制御ループの応答性向上を図った。その結果，方位角ゲインを大きくし，車両方位角制御ループの応答性を高くすることができた。

一方，単純な方位角制御では，目標方位と車両方位の差を許容した上で，その差をゼロにする操舵

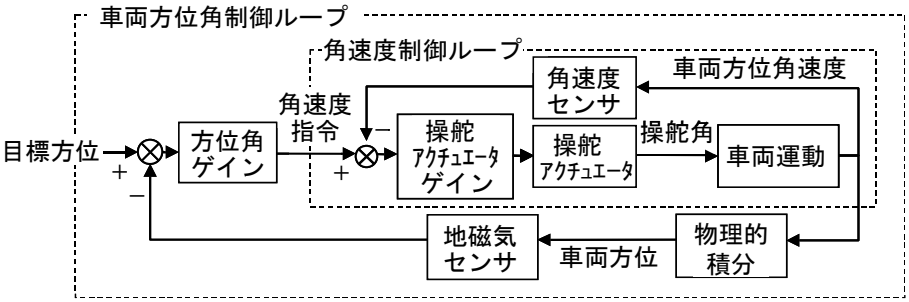


図３　車両方位角制御ループ

を行うこととなるので，一度大きめの制御偏差が発生すると目標の経路に戻らない（横ずれが残ってしまう）状況が発生する。そのため，方位角ゲインには，このような現象に対する補償も加え，目標ラインに戻るようにした。この補償を追加することにより，直進性を向上させることができた。

3）操作方法と機能

直進田植機の操作方法や機能は以下のとおりである。

①自動直進のための目標方位は，自動直進開始前の手動運転中に取得，設定する。１枚の水田における最初の往復行程を手動運転により作業して目標方位を取得することが基本となるが，同じ向きに並んだ水田を続いて作業する場合は，最初の水田での目標方位を次の水田の作業でも用いることができる（微修正が必要な場合もある）。

②自動直進は，操作盤の自動直進ボタンを押すことにより随時実行／解除される。

③自動直進中に経路修正ボタン（左／右）を押すと，自動直進を継続したまま進行横方向のずれを一定量修正できる（一定量の幅寄せが行われる）。

④自動直進中に行程終端に近づくと警報が発信される機能もあり，また，行程終端で植付け部を上げると自動直進は自動的に解除される。

4）直進田植機の性能

直進田植機の主に自動直進性能を農家水田での作業において調査した。その結果を以下に示す。

①直進性能については，直進田植機は少なくとも 30m以上の自動直進が行え，その精度は 30m走行して目標経路から進行横方向に５cm ずれる程度であった。

②山形県の農家水田（30×100m）での実用作業試験の結果，圃場の凹凸により横ずれが生じる場合や，長い距離の自動直進では横ずれが大きくなる場合もあったが，経路修正ボタンにより適宜ずれ修正を行うことにより，往復作業行程の大半で自動直進による作業を行うことができた。

③また同作業試験で，自動直進中に走行しながら苗継ぎが行った（計５回）ことから，作業時間を約８％短縮することができた。

３．導入効果－環境保全効果など

直進田植機による作業では，下記のような効果が期待される。

①往復直進作業時の条合わせハンドル操作から暫し解放されるので，オペレータの労働負担が軽減される。

②走行・作業しながら苗継ぎができるので，作業時間が短縮できる。また，植付け状況等の確認も，走行・作業しながら余裕を持って行えるので，欠株などが生じた時の対応が速やかにできる。

③大区画の作業では，田植機に補助者が同乗する場合があるが，上記効果により補助者が同乗しなくても高能率の作業が行える。

④湛水状態で条あわせマーカー跡が見難くても，直進作業が容易に行える。

この④の効果については，水が深い湛水状態では田植機の運転・作業は困難であり，田植え前に水田内の水を落水することが従来行われてきたが，その強制落水を行う必要が無くなるため，環境保全の効果が高いと注目されている。それは，田植え前に落水を行うと，水田の泥や肥料成分が相当量川や湖などに流れ込み，環境水系を汚濁，汚染する問題が指摘されているからである。図４は琵琶湖に流入する農業濁水の様子であり，滋賀県では，田植え前に落水を行わない運動を進めている。

図４　琵琶湖に流入する農業濁水（滋賀県の HP）

４．直進田植機の現地実証試験

上記３の導入効果や従来田植機と同等の田植えが行えるかどうかを確認，検証するために，各地の農家水田で実証試験を行っ

た。

実証試験は，埼玉，富山，秋田及び滋賀の４県，５カ所の試験地において実施し，井関農機(株)の８条植え田植機をベースとした直進田植機とヤンマー農機(株)の６条植え田植機をベースとした直進田植機を供試した（表）。

作業は農家オペレータの運転により行い，作業時間や作業速度，自動直進機能の使用時間割合，経路修正ボタンの使用回数などを測定，調査するとともに取扱い性等の評価を行った。田植え後は，生育状況を観察するとともに収量の調査を行った。

表の結果などから，直進田植機は，条あわせマーカー跡が見えない状態でも，従来田植機による作業（マーカー跡が見える状況での作業）とほぼ同等の能率，精度で作業が行え，その後の生育，収量にも問題はないことが確認された。

往復作業行程における自動直進作業の時間割合は９割を超え，経路修正ボタンの使用回数は１行程あたり４回程度までがほとんどであった。植付け作業中の苗継ぎも，作業速度を落として問題なく行うことができた。

直進田植機で作業を行った農家オペレータからは，「目標方向への直進性は良好」，「運転が楽になる」，「深水（湛水状態）でも作業ができ，水管理も楽になる」，「作業中に苗継ぎが行える」といったメリットが挙げられ，実用化のニーズも高いことが確認された。一方，「目標方位の取得（ティーチング）を容易に」，「目標方位を修正可能に」，「操作ボタンを使い易く，表示を見易く」といった主に取扱い性に関する課題，要望も出された。

図５　湛水状態での直進田植機作業（滋賀県）

図６　直進田植機の現地実証試験（富山県）

表　実証試験の実施場所等と試験結果例

1. 試験水田	28a[30×95m]	45a[39×116m]	44a[28×157m]	32a[29.5×108m]	29a[29×101m]
2. 水　深	0～4.0cm	0～2.5cm	1.0～2.0cm	4.0～5.0cm	2.5～7.0cm
3. 使 用 苗 ［草 丈］	コシヒカリ [11.2cm]	コシヒカリ [12.7cm]	あきたこまち [12.3cm]	キヌヒカリ [15.5cm]	コシヒカリ [10.3cm]
4. 作業時間 ［作業能率］	58 分 3 秒 [20.1 分/10a]	59 分 15 秒 [13.2 分/10a]	74 分 35 秒 [17.0 分/10a]	53 分 13 秒 [16.6 分/10a]	54 分 2 秒 [18.6 分/10a]
5. 直進時速度	0.87[0.82]m/s	0.93[0.90]m/s	0.91[0.76]m/s	0.70[0.59]m/s	0.94[0.84]m/s
6. 直進使用率	93 %	96 %	96 %	94 %	95 %
7. 修正／行程	平均 2 回	1 ～ 4 回	0 ～10 回	平均 1 回	平均 4 回

試 験 地	埼玉県幸手市	富山県南砺市	秋田県大潟村	滋賀県蒲生町	滋賀県愛知川町
試 験 日	05.5/9－10	05.5/14－16	05.5/19－20	05.5/19－20	05.5/23－24
田 植 機	ヤンマー６条植	ヰセキ８条植	ヤンマー６条植	ヰセキ８条植	ヤンマー６条植

※ 5～7 は往復作業行程における結果(平均)で，
5：自動直進使用行程の作業速度，[ ]内は行程途中で苗継ぎを行った場合，
6：１行程作業において自動直進を使った時間割合，
7：１行程作業において修正ボタンを使った回数。

おわりに

現地実証試験などを通じ，直進田植機は運転・作業が楽になるだけでなく環境にもやさしい田植機として，実用化ニーズが高いことが確認された。実用化に向け，取扱い性等に関する課題や要望に対応する改良を行い，近年中に市販機としたい。

［引用文献］

1) 増田雄一（日本航空電子工業㈱）: 自律直進装置の開発, 農業機械学会誌 64 巻 5 号, 30－31, 2002.
2) 松尾陽介：自動直進田植機の開発，ブレイン・テクノニュース（生研機構），36－39，2003
3) 生研センター平成 17 年度事業報告，2006

ドリフト低減ノズルの特徴と選択について

ヤマホ工業株式会社
技術開発部

はじめに

液剤散布における散布ノズルは、安全性、均一性、付着性、省力・省エネ、適期適量散布などの性能を左右する重要な器具の１つである。以前より弊社では、散布作業者への安全性を重視した飛散低減型の「キリナシノズル」を開発してきたが、近年、環境や食の安全・安心への関心の高まりから、ドリフト（漂流飛散）を低減したそれらのノズルが特に注目されている。

平成１８年５月２９日よりポジティブリスト制度施行により、農薬散布においては特に近接作物への飛散（ドリフト）の影響が懸念され、飛散は近接作物への影響のみならず、作業者への被曝、周辺住民等への危被害や公共用水域への汚染等の問題ともなる。そこで弊社では、(社)日本植物防疫協会をはじめ、各研究機関、防除機メーカーと連携をはかりながら調査検討や試験研究等に参画し、ドリフト低減ノズルの開発について取り組んできた。

今回は、動力散布機に使用される散布ノズルの基本性能や特長及びその選択について紹介する。

１．ノズルの噴霧パターンによる分類

噴霧パターンは、ノズルから噴出する粒子群の分布状態のことで、ノズルの種類や構造によって異なり様々な特性をもっている。

１）ソリッドノズル（直進ノズル）　［図１］

単純な丸孔から噴出するため、棒状（ストレート）に噴霧粒子が発生し、最も勢い（打力）が強く到達性がある。

２）ホロコーンノズル（中空円錐ノズル）　［図２］

ノズル内の旋回中子によって、薬液が渦運動を起こしながらノズル孔から噴出されるため、中空円錐状（ホロコーン）に噴霧粒子が発生する。中央部には噴霧粒子が発生せず、中空円錐状となるため、比較的小さい噴霧粒子で勢い（打力）が弱くソフトな霧が得られる。

３）フルコーンノズル（充円錐ノズル）　［図３］

ノズル内の旋回中子によって、薬液が渦運動を起こしながら整流させてノズル孔から噴出されるため、充円錐状（フルコーン）に噴霧粒子が発生する。中央部にも噴霧粒子が発生し充円錐状となるため、ホロコーンノズルよりも大きい噴霧粒子となる。

４）フラットノズル（扇形ノズル）　［図４］

ノズル内部の案内溝に沿って流れる薬液がぶつかり合い孔から噴出されるため、扇状（フラット）に噴霧粒子が発生する。細長の噴霧パターンとなり、ホロコーンノズルに比べ勢い（打力）が強く到達性もある。

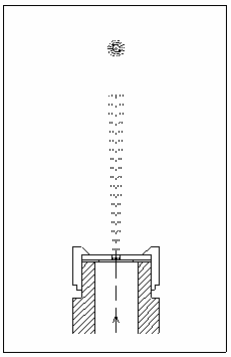


図 １

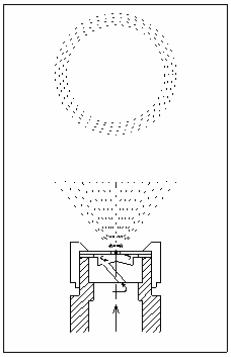


図 ２

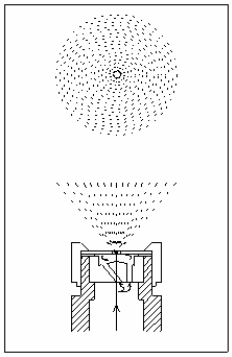


図 ３

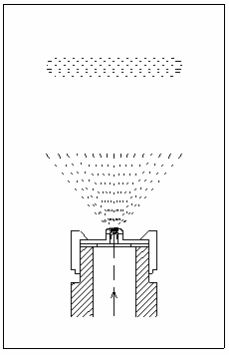


図 ４

２．ノズルの特性

１）均一性

ノズルから噴霧された薬液を一定間隔で採取（回収）すると、落下量分布が得られる。落下量分布を求めることで薬液散布時の均一性を評価することができる。すなわち、落下量分布の均一なノズルを用いることで散布ムラのない作業ができる。

弊社では散布の均一性を重視するため、噴霧パターンを扇形タイプとしたフラットノズル（扇形ノズル）を採用している。（図５）

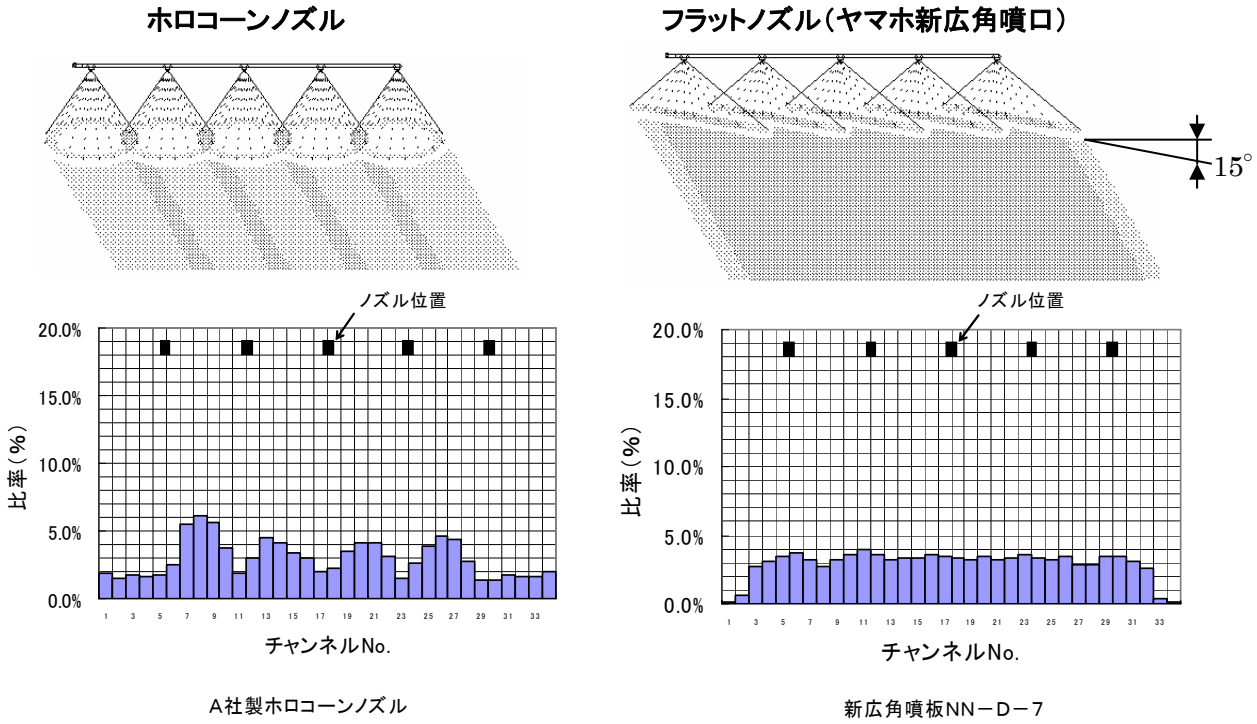


図5 ホロコーンノズルとフラットノズルの噴霧パターンと落下量分布の違い

※試験条件（ヤマホ工業社内試験規格に準拠）
試験装置：ヤマホ式分布測定装置
（チャンネル幅＝50mm、チャンネル数＝34条、最大計量幅＝1.7m）
ノズル取付ピッチ（mm）：300

２）耐久性

ノズルの耐久性は、構造や材質、使用圧力、使用流体、使用時間によって異なる。（図６）

ノズルは磨耗すると噴霧量が多くなるため、適切な噴霧量以上に噴霧され、さらに噴霧パターンも乱れ不均一となる。したがって、噴霧量が多くなったときや噴霧パターンに乱れが見られた場合はすぐに交換することが必要である。

弊社ではノズルの耐久性を高めるため、構造を内部衝突型としたフラットノズ（扇形ノズル）を開発し、材質には耐磨耗性に優れるステンレスやセラミックを採用している。

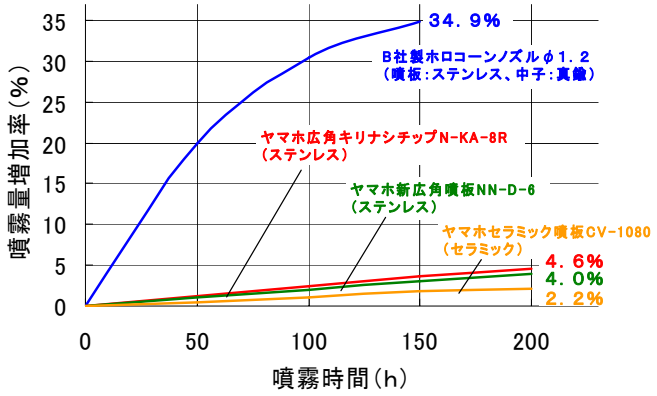


図6 ノズル種類別の磨耗度比較
（噴霧量増加率の大きさ＝磨耗度の大きさ）

※試験条件（ヤマホ工業社内試験規格に準拠）
噴霧圧力 ：2.0MPa
噴霧量 ：1.2L/min
噴霧液 ：5-5式ボルドー液(1%石灰・硫酸銅液)

３．ドリフト低減ノズルについて

ドリフト低減ノズルとは、噴霧粒子径を大きくさせドリフト（漂流飛散）を少なくさせたノズルで、一般慣行ノズルの平均粒子径が１００μｍ未満であるのに対して１２０μｍ以上のノズルが該当する。（ただし厳密には定義は定まっていない。）

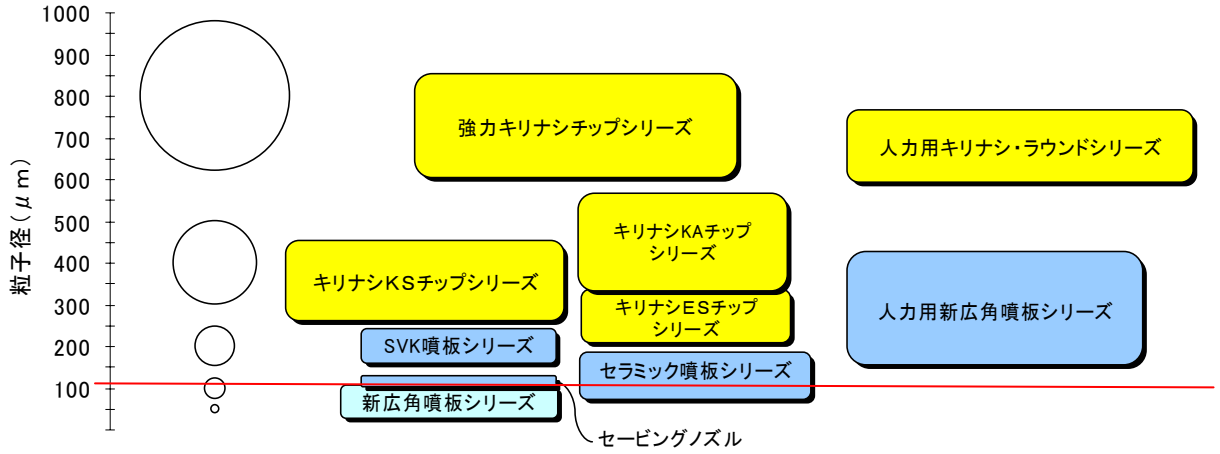


図７　ヤマホノズルシリーズと平均粒子径

（１μｍ=0.001mm　　1000μｍ=１μｍ）

噴霧粒子には、水滴状のものと空気を混入した泡状の２タイプがある。水滴状のものは平均粒子径が約３００μｍ未満に対して、空気を混入した泡状のものは約２００～８６０μｍとより大きくなっている。空気を混入した泡状タイプのキリナシノズルは、ノズルに空気吸入孔を設け、空気混入により薬液と混ざり合い噴霧されることで、噴霧粒子が泡状となる。（図８）

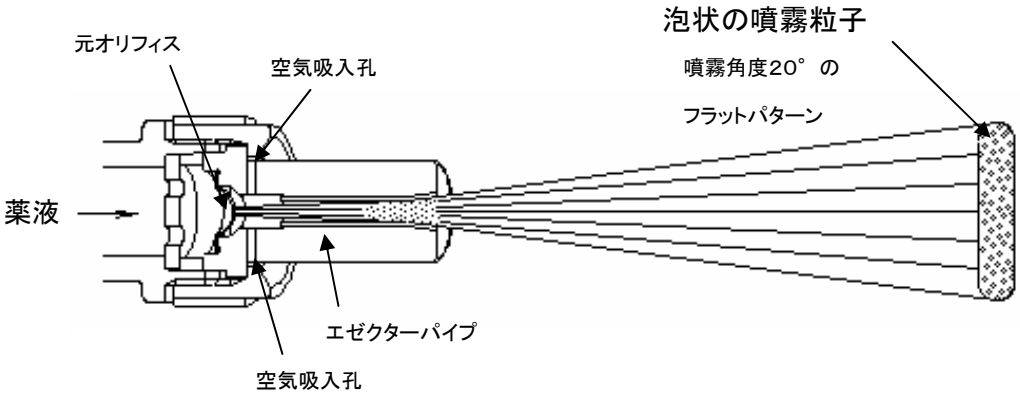


図　８　果樹（柑橘）等に開発された空気混入の強力キリナシKFノズルの構造

一般慣行ノズルの噴霧粒径写真　　キリナシノズルの噴霧粒径写真

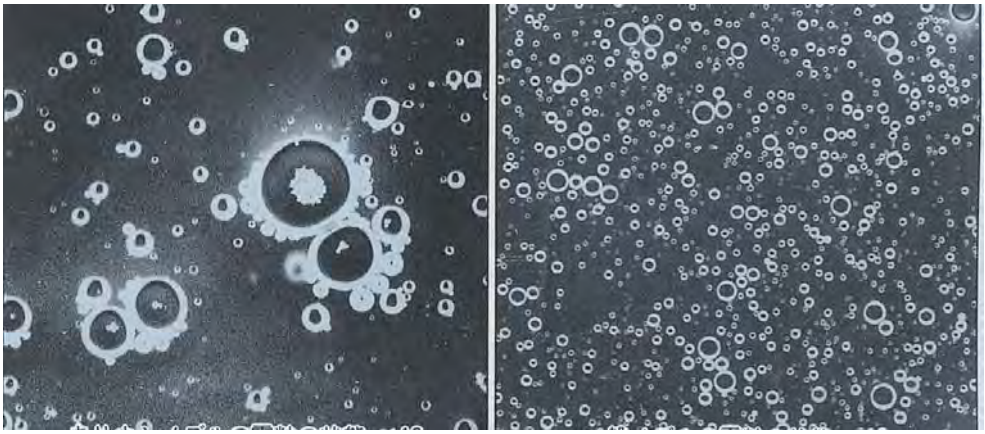


図９は、風速２.５m／ｓの条件下で様々な粒径・散布特性をもつノズルのドリフト特性を比較したものである。

粗大粒径ノズル（ドリフト低減ノズル）は慣行ノズルに比べ数分の１～数十分の１にドリフトを抑えている。一般に平均粒子径が大きくなるほどドリフトは発生しにくくなるが、ドリフト性には散布ノズルの他にも幾つかの特性や圧力条件も影響する。

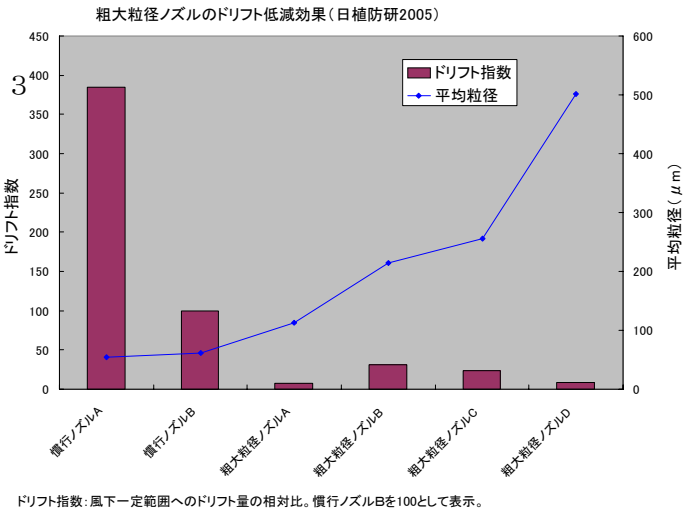


図9　粗大粒径ノズルとドリフト試験効果（日植防研 2005）

図１０は、慣行ノズルとドリフト低減ノズル（キリナシＫＦノズル）において散布作業者への農薬被曝を比較したものである。

（柑橘における密植園での比較試験）

ドリフト低減ノズル（キリナシＫＦノズル）を使った散布では、慣行ノズルに比べドリフトが少なく、農薬被曝量も約３分の１以下と少なくなり安全性が高くなっている。

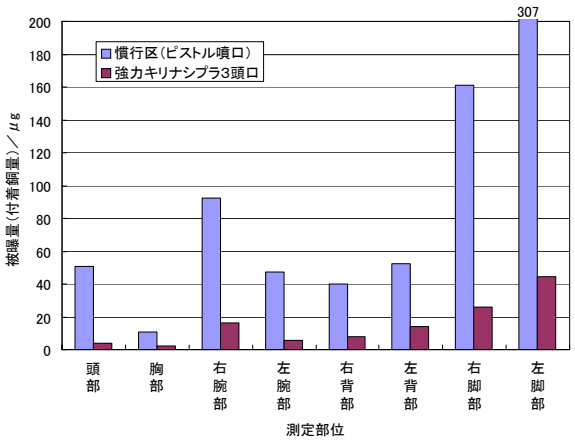


図10　使用ノズルの違いによる散布者の薬液被曝に及ぼす影響（密植園）

慣行ノズルとドリフト低減ノズルでの噴霧による作物への付着は、葉表は大きな差は見られないが、葉裏ではドリフト低減ノズルの場合、細かな噴霧粒子が少ないため巻き込が少なく、付着が劣る傾向にある。しかしながら付着と防除効果は様々な条件により左右されるため、必ずしも一致しない。

防除効果については、作物や病害虫、さらに使用する農薬、ノズル等の種類によっても状況は異なるが、ドリフト低減ノズルの場合、浸達性が乏しい農薬の場合、効果にやや低下が見られ、浸達性に優れた農薬の場合では、慣行ノズルと比べ遜色のない効果が得られている事例もある。（表１）（表２）

表１．きゅうりワタアブラムシに対する防除効果

	平均粒径	A農薬			B農薬		
	（μm）	3 日後	6 日後	12 日後	3 日後	6 日後	12 日後
ノズルⅠ	117	3.7	1.4	1.6	0.0	0.0	0.8
ノズルⅡ	320	13.3	7.0	3.9	0.0	0.0	0.5

日植防研 2004，A 剤浸達性が乏しい農薬，B剤は浸達性に優れる農薬

散布量は同等（150Ｌ／分），数値は補正密度指数（無処理区１００）

表２．タマネギべと病に対する防除効果

	平均粒径（μm）	展着剤無加用	展着剤加用
ノズルⅠ	117	52.1	59.5
ノズルⅡ	320	78.5	67.8

日植防研 2004，散布量は同等（120Ｌ／10ａ），数値は防除価（無処理区 0）

４．ノズルの選定について

散布ノズルは、散布機別、作物別、ノズル別に分類されている。作物別でのノズルの特長は以下のとおり。

１）果樹・立木用ノズルとしては、作物自体に高さがあることから下から斜め上方向に向けた散布が多い。散布位置から作物まで距離があり風の影響を受けやすくなることと葉や枝の密生度が高いことから、ノズルの噴霧角度を狭くして到達性を持たせたドリフト低減ノズルを採用している。

２）野菜・畑作用ノズルとしては、平面的な作物では作物の上から下向けての散布、立体的な作物では作物に高さがあることから下から斜め上方向に向けた散布が多い。散布位置から作物までの距離が短く、果樹のように風の影響を受けにくいことから比較的噴霧角度の広いドリフト低減ノズルを採用している。

３）水田用ノズルとしては、畦畔から畦畔ノズルを使って水平にして足元から先端方向へ飛ばしながらの散布が多い。散布位置から遠くへ飛ばすため、風の影響を受けやすくなることから遠くへ飛ばすノズルほど噴霧角度を狭くして到達性を持たせている。噴霧角度や到達性の違うノズルを５頭口にして組み合わせたドリフト低減ノズルを採用している。

４）茶用ノズルとしては、茶園が平面的なことから上から下向けての噴霧で、散布位置から作物までの距離は短い。葉や枝の密生度が高いことから到達性に優れた比較的噴霧角度の狭いドリフト低減ノズルを採用している。

５）除草剤用のノズルとしては、雑草の上から下向きに散布することが多い。散布位置から雑草までの距離は短く、風の影響を受けると他作物への被害が大きいことから、噴霧粒子径が大きく噴霧角度の広いドリフト低減ノズルを採用している。

ドリフト低減ノズルは多くの種類と共に特徴があるため、作物の種類や大きさ、散布の作業性、圃場の立地条件、農薬や病害虫の種類などに合わせて適したノズルを選択することが必要である。また、各種条件に応じて幾つかのノズルを使い分けすることで最適な散布が可能となる。

５．導入における注意点

①．ドリフト低減ノズルは、風に流されにくいということから風の強いときでも散布できると考えることは禁物。風の弱いときに風向きに注意して基本的な散布操作の励行を怠らないこと。特に、散布地点から至近距離に他作物や収穫前の作物が栽培されている場合は、微風であっても、場合によっては散布経路や作業日程を変更する、シート等遮蔽物を設置する等、ドリフト防止の対策が必要。

②．ドリフト低減ノズルにおいても、噴霧圧力が高くなると噴霧粒子径が小さくなりドリフトし易くなるため、カタログや取扱説明書等に記載されている適正圧力内で使用すること。また、作業時の10ａ当たり散布量が所定の値となるように圧力、作業速度を設定すること。

③．粗大粒子による病害虫の防除効果は、病害虫の種類によりやや不安定になりやすいため、散布ムラの発生に注意した散布を心掛ける。また、病害虫によっては効果の高い農薬や浸達性の優れた農薬を選ぶようにすれば効果の不安はかなり解消できる。

おわりに

これまで、散布ノズルの基本性能や特長、選択等について説明してきたが、特にドリフト低減ノズルを使用した実証試験が少ないのが実状である。今後はドリフト低減ノズルの実証試験が進むとともに、弊社のドリフト低減ノズルが、散布作業者への安全、食の安全・安心や環境負荷低減に貢献できることを期待しつつ、引き続き、各研究機関や農薬、防除機メーカーならびに農家や現場サイドと密接に連携しながら、ドリフト低減ノズルの試験研究と開発に取り組んでいきたい。

ドリフト低減型ノズルの活用上のポイント

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
生産システム研究部（特別研究チーム「ドリフト」）

はじめに

2002（平成14）年の無登録農薬使用問題や農作物の安全性確保等、近年の社会情勢を踏まえて、農薬取締法と食品衛生法が翌2003（平成15）年改正され、これに伴い、農薬の安全かつ適正な使用の徹底（使用者への罰則の強化等）とともに、ドリフト（農薬飛散）の防止と周辺環境への配慮が強く求められることとなった。特に、改正された食品衛生法では、使用可能な全農薬成分について全ての農作物に対する残留基準値が設定される制度（いわゆる、ポジティブリスト制）がまさに本年5月29日に導入されたところである。同制度では、ある食品について、国内外において残留基準値が設定されてない農薬成分には0.01ppmという非常に低い基準値、いわゆる一律基準が適用されている。また、残留基準値を超過する農薬成分が検出された農作物には、出荷や流通の停止措置がとられることになる。

これまでのドリフトに関する実態調査結果等からは、ドリフトに起因する他作物への農薬残留が一律基準である0.01ppmを超過する可能性を完全には否定できないことが示唆されている。このため、農業現場においては、ドリフトによる近接作物への農薬残留基準値超過の発生と、その結果として出荷停止などの経済的危被害等が発生するのではとの懸念が高まっている。このため、農薬及び防除機に関係する公的機関を中心に、ドリフトの現状把握とその防止対策に関する調査及び試験研究が精力的に進められている。

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）においては、これまでの防除機に関する研究開発の蓄積を活かしつつ、農薬関連の公的機関及び防除機メーカー等と連携をとりつつ、ドリフト防止対策関連の技術開発や試験研究を精力的に進めている。そこで、ドリフトに関する問題点やその発生要因について整理するとともに、現在各方面において取り組まれているドリフト防止対策とこれに関わる様々な研究開発の動向等について紹介するとともに、昨年度生研センターが開発したドリフト低減型ノズルを活用したドリフトに配慮した散布技術について紹介する。

１．農薬散布時のドリフトが問題となる背景

１）「ドリフト」とは何か？

農薬は、微細な粒子として散布され、作物に付着することで作用する。ここで、農薬粒子が散布された状態で風が作用する時、粒子が風に乗り、散布された位置から遙かに離れた場所にまで到達することがある。このとき、本来付着すべき作物が存在する場所（散布対象ほ場）外に浮遊、あるいは、飛散してしまう現象を「ドリフト（drift）」と呼んでいる。ドリフトには、①ほ場外に飛散した農薬が落下（散布対象外のものに付着）すること（直接的ドリフト）、②大気中への拡散及び蒸散、③土壌中への浸透など多様な現象を含むものである。ただし、今回

の食品残留基準におけるポジティブリスト制で問題となるのは、隣接ほ場の他作物等にドリフトした農薬が付着するもの、すなわち、「直接的ドリフト」である。

２）「ドリフト」の問題点

農薬散布時のドリフトが問題とされる点を列記してみると、以下のとおりと考えられる。

（１）環境負荷の増加要因：散布対象となるほ場外にドリフトした場合には、ドリフトした農薬が投下された範囲においては、いわゆる環境負荷が増大することになる。

（２）薬害の発生要因：散布対象ほ場外に農薬がドリフトし、そこに対象外の作物が存在した場合には、条件によっては生育障害などの薬害を生ずる恐れがある。

（３）法的な問題又は懸念：

・近隣居住地域や公共施設へのドリフト（「農薬取締法」で防止遵守義務）

・収穫物への農薬残留（登録外の作物での検出、残留基準値超過の懸念）
（いわゆる「ポジティブリスト制（食品衛生法に基づく）」に関係）

・公共用水域の農薬混入（各種水質基準超過、水産動植物に対する危被害の懸念）

（４）散布技術上の問題

・農薬散布時の資材、コスト、エネルギー及び労力等のロス（損失）である。

・散布作業者が農薬被曝を被る要因になる。

２．農薬散布時のドリフト発生要因

農薬散布は、農薬成分を含んだ微粒子を散布対象作物に対して散布し、作物体表面に付着させることである。ここで、散布された農薬粒子は作物に到達するまでの間に作物とは異なる方向へ飛行する作用を受けた場合にドリフトが生じることになる。

ドリフト発生の要因としては、①散布時の薬剤粒子径（剤型、ノズルの形状、散布量等も影響）、②散布高度（ノズルの取付高さ）、③風速、④ブーム長さ、⑤粒子の「やせ細り（蒸散）」、⑥散布液の物理性（粘弾性、表面張力）、⑦散布速度（ノズルの取付角度、空気せん断）等の項目が挙げられている[1,2)]。その中で特に①～③が影響度の大きな要因と評価されている。これら複数の要因の中には人為的に制御することは難しいものがいくつもあるため、農薬散布においてドリフトは避けられない現象といえる。

３．ドリフト発生の実態

図１の写真に示すとおり、大型散布機であるブームスプレーヤ、スピードスプレーヤのみならず、手持ちノズルを用いた散布作業時おいても、ある程度のドリフトがごく普通に発生していることが示唆される。

キャベツ(200L/10a)　　わい化リンゴ(400L/10a)　　ミカン（400L/10a）

図１　農薬散布作業の例（（ ）内は推定散布量）

ここで、実際の農薬散布時のドリフトを調査した事例を見ると、これまでに表１のような調査結果が示されており、特に、スピードスプレーヤのように広範囲かつ高能率な散布機でのドリフト発生のリスクが高いことが確認されている。

表１　農薬散布時のドリフトの実態調査例[注1)]

散布機の種類・条件		距離別ドリフト率(%)[注2)]					
		5m	10m	20m	30m	40m	50m
ブーム スプレーヤ	95パーセンタイル・ワースト値	1.44	0.40	0.09	–	–	–
	50パーセンタイル値	0.08	0.03	0.01	–	–	–
スピード スプレーヤ	95パーセンタイル・ワースト値	15.67	6.32	1.33	0.57	0.29	0.16
	50パーセンタイル値	1.07	0.39	0.13	0.05	0.02	0.02

注1）環境省による委託調査結果[4)]より。実際の農地よりもドリフトしやすい条件も含まれる。
2）ドリフト率：単位面積当たり理論散布量に対する各距離での単位面積当たり落下量割合
3）風下側のみ解析対象。平均風速が4m/s超の事例は除く。
4)スピードスプレーヤの40m及び50mの50パーセンタイル値は推定値。

ここで、ドリフト発生の第１の要因は「粒子径」とされていることから、国産ブームスプレーヤのノズルの噴霧粒径（体積中位径、Volume Median Diameter、VMD）を見ると、60～90μm程度、噴霧中の50μm以下粒子の体積割合は50%（100μm以下は90%）程度である。

種類(パターン)	噴霧圧力 (MPa)	噴霧量 (L/min)	測定高さ (cm)	噴霧粒径・分布 (側面測定)	
				VMD (μm)	100μm以下体積割合(%)
慣行(扇形)	1.0～2.0	1.1～1.6	30	60～90	60～85
慣行(中空円錐形)	1.0～2.0	0.8～1.2		70～90	65～80
米国一般型(扇形)	0.2～0.5	0.3～0.5		110～130	30～40
米国ドリフト低減(扇形)	0.2～0.5	0.5～0.7		150～220	10～25

図２　国産慣行及び欧米製ノズルの噴霧粒径測定例

ここで、慣行ノズルの主体である100μm以下の噴霧粒子は、図３に示すように、ゆうに10m以上のドリフトを発生する危険がある。また、スピードスプレーヤでは粒径90～100μm程度とブーム用よりは大きな粒径の粒子が噴霧されるノズルが慣行に用いられているが、噴霧を機体に装備した大型送風機で放射状に拡散して散布する機構をもつため、ブームスプレーヤ以上にドリフト発生の懸念は大きい。

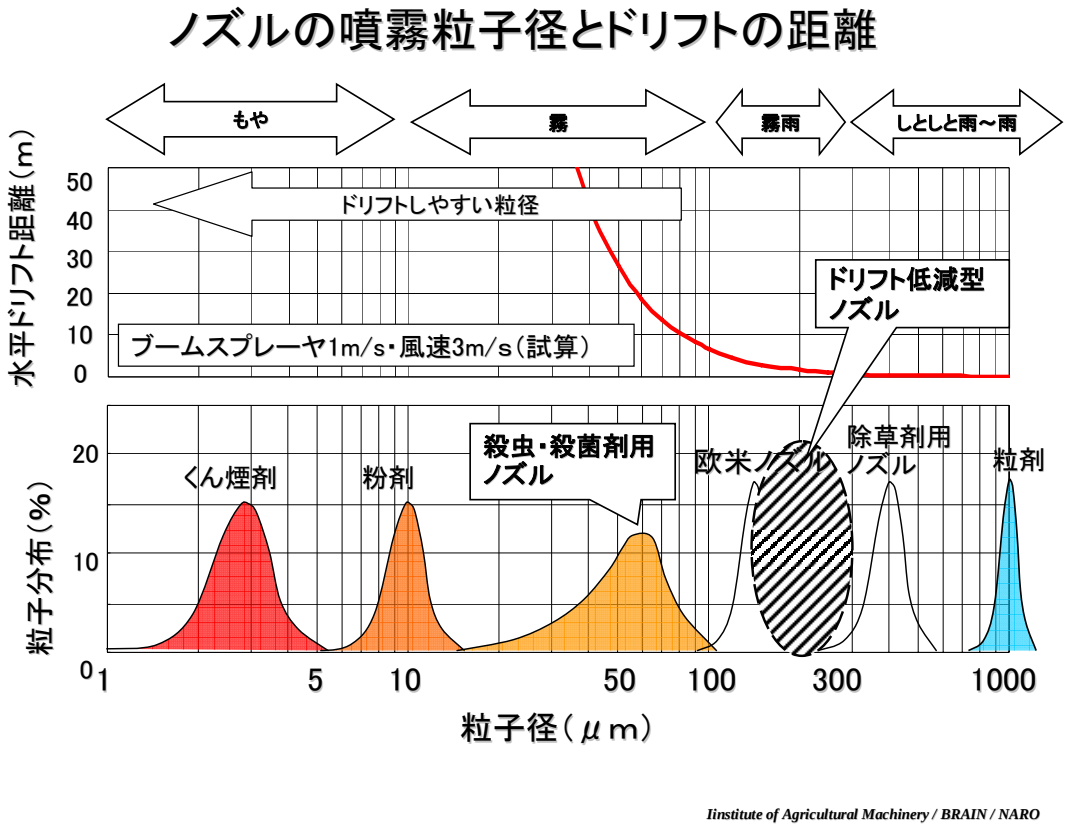


図３　ノズルの噴霧粒子径とドリフトの距離

４．ドリフト防止対策への取り組み状況

１）「地上防除ドリフト対策マニュアル（（社）日本植物防疫協会編）」について

農薬取締法改正により従来以上のドリフト防止対策が必要との情勢から、平成15年５月、農薬及び防除機に関係する公的機関及びメーカーが連携して「ドリフト対策連絡協議会」が発足し、その活動の結果、同年７月ドリフトの実態把握とその防止対策の必要性を啓発、周知する目的で、「農薬散布時のドリフト防止対策ガイダンス」がとりまとめられた。

その後さらに、ポジティブリスト制導入が明示され、本格的な防止対策が不可欠となったことを受け、平成16年から国の補助事業が開始され、これを受けた(社)日本植物防疫協会（日植防）が防除機メーカーを含む検討チームを編成し、全農、公立試験研究機関及び生研センター等の関係機関と連携しつつ、ドリフト防止及び低減に向けた調査及び試験研究を実施してきた。

そこで得られた知見をもとに、平成17年12月には「地上防除ドリフト対策マニュアル（以下、マニュアル）」がとりまとめられた[1)]。今後、ドリフト防止対策の基本的な事項は、同マニュアルを指針に考慮されるものと考えられる。

２）ドリフト防止の対策例（「地上防除ドリフト対策マニュアル」より）

前記のマニュアルに、現時点で考え得る対策の多くが記されており、詳細はここで記述できないが、日植防のホームページからはマニュアルの全編が閲覧可能である[1)]。

ここでは、マニュアルから、基本的な事項と主に防除機に関係する対策を幾つか抜粋して列記する。

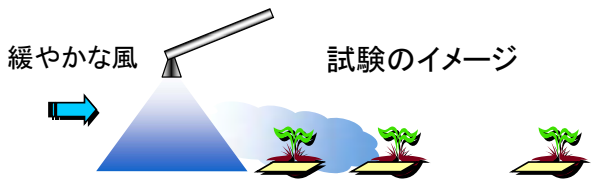
（１）ドリフトの危険性の認識

農薬散布作業は常にドリフトの危険性（リスク）があること、また、ポジティブリスト制の実施以降、ドリフトが近接する別作物への農薬残留要因となるリスクも高いことを認識する必要がある。近接作物への農薬残留試験の結果を見ると、作業者が目視で判断できない僅かなドリフトも条件によっては問題となり得る残留値を示す可能性がある。したがって、散布作業時に噴霧のドリフトが容易に目視で観察される状況では、即刻対策が必要と考えてよい。

２種類の葉菜類におけるドリフト程度別の作物残留

ドリフトの程度	チンゲンサイ				キャベツ	
	A農薬		B農薬		A農薬	B農薬
	１日後	７日後	１日後	７日後	１日後	１日後
多	0.47	0.06	1.95	1.23	0.08	0.24
少	0.02	<0.01	0.09	0.04	<0.01	0.01
極少	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

- 日植防研（2005）：単位ppm
- ゆるやかな気流のもとでＡ剤とＢ剤を混用散布
- 風下側の同一距離に2種類の作物と感水紙を設置して調査。
- Ｂ剤の有効成分量はＡ剤の４倍



（社）日本植物防疫協会資料より

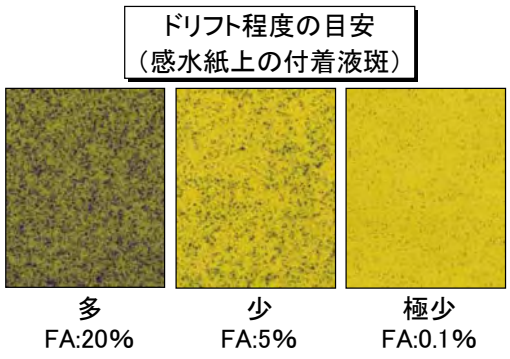


図４　ドリフトによる農薬の作物残留程度

（２）対策の要否の判断

現場のドリフト発生のリスクを検討し、対策の要否を的確に判断することが必要である。散布機器や作業方法は固定しても、ほ場、作物及び気象条件等は時間経過とともに流動的であるため、散布作業毎に判断する必要がある。

（３）近接作物の農薬残留リスク

ドリフトにより近接作物に農薬が付着し、さらにこれが残留するリスクは、①使用農薬の近接作物への基準値設定状況、②近接作物のタイプと収穫時期（農薬成分の残留リスクが変動）、に影響を受ける（図５）。つまり、使用農薬の残留基準値が低い、軽量で可食部位に農薬が付着しやすい、散布直後に収穫される等の条件が重なるほど高くなる。逆にこれらの条件が成立しないほど、残留リスクが低くなる。したがって、リスクの度合いに応じた防止対策を講ずるのが効率的である。

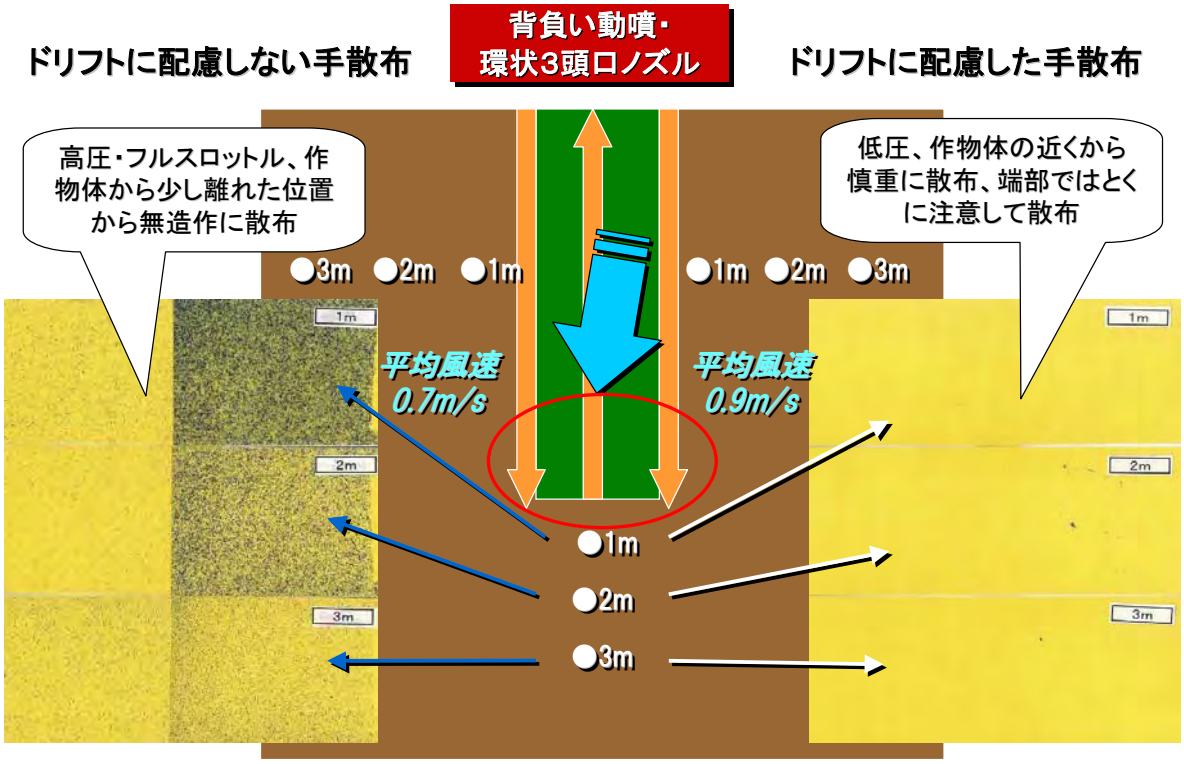
（社）日本植物防疫協会資料より

図５　作物のタイプによる農薬残留リスク

（４）基本的な対策と補完的な対策

ドリフト防止対策は、基本的な対策と補完的な対策に分けて考えられる。

基本的な対策とは、散布作業時に、ドリフトを防止あるいは低減する効果の高い方法、機器の操作等を励行することである。すなわち、①風速、風向、②散布方向や位置、③適切な機器操作（適正圧力）、④適正な散布量、⑤薬液タンクやホース等の散布機器の洗浄等への配慮した散布方法を実施することである。前記のマニュアルにも示されているが、図６にその一例を示すように、上記の基本的なドリフト低減対策を徹底して実施することにより、ドリフトによる近接作物へ農薬残留リスクは大きく低下することになる。



（社）日本植物防疫協会資料より

図６　基本的散布操作の励行によるドリフト低減事例

また、積極的にドリフトしにくい噴霧を発生するノズル、あるいは、ドリフトを抑制する機能を有した散布機を採用することも基本的な対策の延長にある。これは、後述する「ドリフト低減ノズル」等が該当する。ただし、冒頭でも述べたように、以上のような基本的な対策は、ドリフトのリスクを低減はできるが、農薬の散布という技術の特性上、ドリフトの完全な排除は本来困難なものである。したがって、散布自体に係わる技術ではないが、ドリフトを低減するために補完的な対策を講じることも有効な場合が多い。

ここで、補完的対策の例としては、①近接作物栽培者等との連携、②緩衝地帯の設置、③遮蔽物（例えば、植物、ネット等）を利用、④ドリフトしにくい、あるいは、残留基準値が問題となりにくい農薬（例えば、粒径やその散布方法等からドリフトが少ないとされる粒剤等）の利用、⑤ドリフトのリスクが少ない散布法、あるいは農薬散布以外の防除手段の活用、さらには、総合的病害虫管理（いわゆる、IPM）の導入等があげられる。

５．ドリフト低減ノズル

ドリフトの発生要因から見て、ドリフト低減に最も効果的と考えられるのは、ドリフトしにくい粒径の噴霧粒子（すなわち粗大粒子）を生成するノズルを使用することである。そこで、生研センターでは、防除機及びノズルメーカーと共同で、慣行ノズルに比べてドリフトし難い噴霧粒子を多く発生するノズルを開発した。その特徴は以下のとおりである。

１）主な仕様：開発ノズル（Ⅰ及びⅡ型の２種類）の仕様を表２に示す。両ノズルの常用圧力、

噴霧量、取付部管用ねじ等の仕様は慣行ノズルと同等であり、既存の国産ブームスプレーヤに装着して、慣行と同等の作業方法及び能率での作業が可能である（表２、図７）。

表２　開発ノズルの主な仕様

種類(噴板呼称)	Ⅰ型(φ0.8)	Ⅱ型(φ0.8)	参考:慣行(φ1.3)
装着可能散布機	トラクタまたは乗用管理機搭載式ブームスプレーヤ (ノズル取り付け間隔:30cm)		
装着部の規格(管用ネジ)	SW13.8またはW20		W20
噴霧形状	扇形		中空円錐形
噴霧角　(度)	70	100	80
噴霧生成方式	空気非混入	空気混入	空気非混入
噴霧圧力(常用)　(MPa)	1.0～2.0		同左
噴霧量(常用)　(L/min)	1.0～1.4	0.9～1.3	0.8～1.2
粒径(体積中位径:VMD)　(μm)	110～180	240～330	60～80
100μm以下粒子体積割合　(%)	20～45	5～15	65～90
散布量(適応範囲)　(L/10a)	75(作業速度0.7m/s)～200(同0.3m/s)		同左

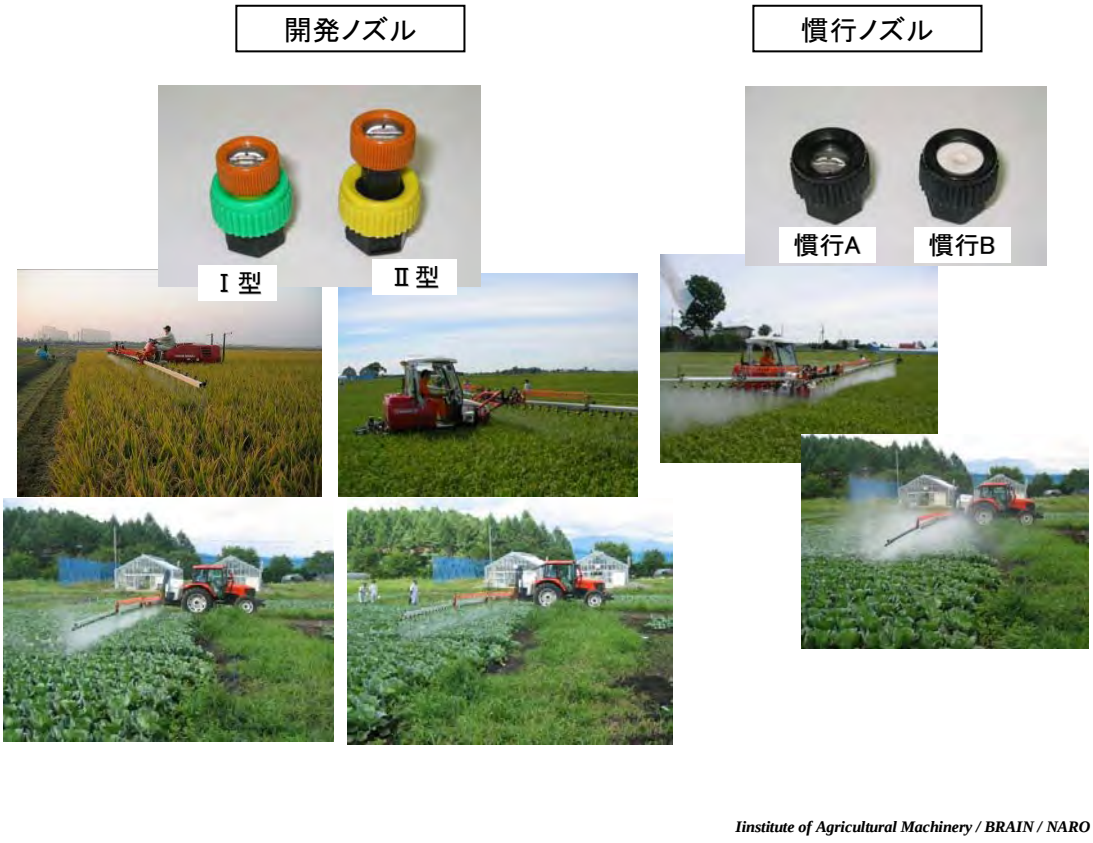


図７　開発したドリフト低減型ノズルによる噴霧状況

２）噴霧粒径：Ⅰ型は、噴霧平均粒径が慣行の約２倍（100μm以下粒子体積割合は1/2～1/3）、Ⅱ型は、粒径が慣行の３～４倍（100μm以下粒子体積割合は1/4～1/10）であり、いずれもドリフト低減効果を発揮する仕様（表２）。

３）ドリフト低減効果：ほ場境界から距離３～20mの調査区に設置した感水紙への付着液斑を目視判別による指数（液斑被覆面積率に対応した0～10の11段階、生研センター作成標準付

着度指標に準拠）の合計で比較した場合、Ⅰ型は慣行に比べて約１/２(キャベツ、散布量150L/10a、作業方向に対して追風２m/sの場合)に、Ⅱ型は、慣行に比べて約１/５（水稲、散布量100L/10a、作業方向に対して横風4m/sの場合）にドリフトを抑制することが可能である（図８）。

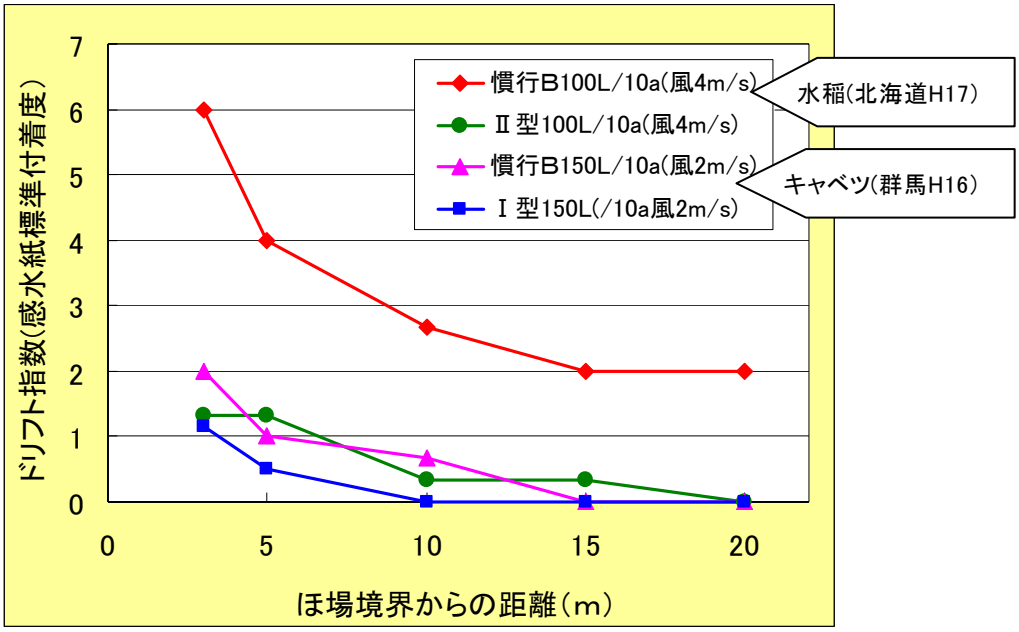


図８　開発ノズルのドリフト低減効果（薬液付着度指数を用いた比較）

４）開発ノズルは、キャベツの防除効果試験において、慣行と同じ方法（農薬の種類、希釈濃度、散布量）で使用した場合の実用性が確認されており（表３）、対象作物及び病害虫が類似し、散布方法等が同等であれば、ほぼ同様の効果が期待できる。

表３　キャベツ害虫防除効果試験結果[注)]

ノズル	散布量 (L/10a)	食害度[2)]	防除効果	
			防除価[3)]	対比
Ⅰ型	200	1.7	54	90
Ⅱ型	200	1.8	52	87
慣行	200	1.5	60	100
無散布	―	3.8	0	0

注1）群馬高冷地野菜研究センター（群馬県嬬恋村）
品種：岳陽、防除対象：コナガ、タマナギンウワバ
調査日：H17.9.8（収穫時）
2）食害度（群馬県）
0：食害なし、1：外葉に食害あり
2：結球葉から2枚目の外葉に食害あり
3：結球葉から1枚目の外葉に食害あり
4：結球部に食害あり
3）防除価：「食害なし」を100とした指数

５）利用上のメリットと留意点

これら開発ノズルのうち、Ⅱ型については、本年５月末のポジティブリスト制施行を踏まえ、農家レベルでの積極的なドリフト防止対策に寄与できると判断されたことから、実用化され、本年３月初旬よりノズルメーカー及び主要防除機メーカーより市販されている。

さらにこれらのノズル以外に、現在、手散布用あるいはスピードスプレーヤ等に装着するノズルがメーカー各社から市販されている。それらは、従来から市販されていた各種ノズルの中

からドリフト低減効果が高く、慣行防除に利用可能な製品、あるいは、メーカー各社がこれまでに独自開発した製品等である。これらは、適切な使用条件下で使用する場合には、従来に比べてドリフト発生リスクを低減することが可能である。

しかしながら、いずれのノズルも、ドリフト発生が避けられない微細な粒子を多少は含んでおり、特に、強風条件下、あるいは、微風下であっても散布地点から至近距離に別ほ場や作物がある場合等でのドリフトを完全に抑制することは困難である。また、これらドリフト低減ノズルは粗大粒子の噴霧であり、微細粒子の多い慣行ノズルよりも作物細部等への付着が劣る場合があり、対象作物、病害虫及び農薬の種類等の条件によっては防除効果が劣る場合も想定される。したがって、基本的には、散布における基本的注意事項を遵守することを優先しながら、現場の目的に応じて最適な種類の製品を適宜選択して利用することが重要である。

なお、スピードスプレーヤについては、ブームスプレーヤ以上にドリフト発生の懸念が大きく、一層のドリフト低減技術が強く求められていることから、生研センターでは、防除機及びノズルメーカーと共同して、ドリフトを低減しつつ、高精度の散布が可能となる「果樹用農薬飛散制御型防除機」の研究開発を現在進めているところである。

おわりに

以上、十分な配慮と対策を徹底することにより、ドリフト発生リスクは大きく低減することが可能であることを述べてきた。これまでに各方面で行われてきたドリフト防止あるいは低減への対策が実を結び、一刻も早く、農業生産現場における懸念が払拭されることが望まれる。

しかしながら、ドリフトは、気象、散布機、ほ場、作物あるいは農薬の種類など、複雑な要因が絡む現象であり、その発生自体を皆無にすることが困難なことも事実である。また、農業現場では、経営規模拡大が進み、農薬散布作業においても高能率化が求められている。そこでは、散布機の大型化、高速化、あるいは、作業幅の拡大等が検討されている。ドリフト発生要因から見て、それらの方向は明らかにドリフト発生リスクが高まる恐れがあり、ドリフト防止対策の強化が不可欠である。しかし、現時点でそれらに対応したドリフト防止・抑止技術は十分とは言い難い。したがって、今後もドリフト現象の科学的な解明やこれを防止あるいは回避する技術の研究開発を積み重ねていくことが必要である。

しかしながら、一方では、今回のドリフト問題を契機として、農業生産における安全と安心の保証、あるいは、環境への配慮といった面を重視した新たな防除技術への転換が推進されることに大いに期待するものである。

【参考文献】

１）日本植物防疫協会「農薬散布技術」HP：http://www.jppn.ne.jp/jpp/public/sanp.html
・「地上防除ドリフト対策マニュアル」：http://www.jppa.or.jp/doriftmanual.pdf）

２）斎藤武司：施用法（航空防除等）からの農薬環境負荷軽減対策、22回シンポジウム講要、p.41-63、2002（平14）、農薬製剤・施用法委員会（日本農薬学会）

３）独立行政法人　農業・生物系特定産業技術研究機構　生物系特定産業技術研究支援センターのホームページ：http://brain.naro.affrc.go.jp/iam/
・「農薬散布時のドリフトを大幅に低減するブームスプレーヤ用ノズル」：
http://brain.naro.affrc.go.jp/iam/Urgent/iam_upro127.htm

果樹用農薬飛散制御型防除機の開発状況

１．はじめに

農薬による環境負荷の低減や農産物の安全性確保等の観点から、スピードスプレーヤ（以下、「ＳＳ」という）における農薬使用量の節減と農薬散布時の飛散（以下、「ドリフト」という）低減が求められている。特に、隣接するほ場に作付けされた作物へのドリフト防止が生産現場では求められている。

生研センターでは緊急開発事業で平成 18 年度から果樹園において、ドリフト低減効果とともに、安定した薬剤付着性能が得られるノズルの開発、噴霧方向及び噴霧量等の適正制御による農薬の高精度かつ高能率な散布を行う防除機の開発に取り組んでいる。

本研修では果樹用農薬飛散制御型防除機の開発状況について紹介する。

２．生研センターにおける既往の研究

生研センターにおいて下記のようなドリフト関連の研究が行われた。

１）ＳＳの風量が薬液ドリフトに及ぼす影響(生研センター事業報告 H15、H16)

① ほぼ無風状態でＳＳの風量がドリフトに及ぼす影響を調査した結果、地表に落下した薬液を 100 とした時に、400 m^3/min 以下の風量では、散布した薬液の内、地面に落下した薬液は殆どが園地内であった。しかし、風量が 500 m^3/min で 10 %、600 m^3/min で 30 %が園地外に落下し、600 m^3/min では園地から 10 m 離れた所までに 20 %、10～17.5 m までに 10 %が落下していた。

② 風量が多い場合、樹列外へ流れるドリフトは多くなり、減少するに従い樹列にとどまる量が増えることが確認でき、散布量が減少するに従い樹列を通り抜ける傾向にばらつきが生じ、枝葉の状態に影響を受けることが明らかとなった。さらに、大気中の薬液濃度は、地表でのトレーサ濃度の分布と同じ傾向を示すことが明らかとなった。

２）防除機における薬剤ドリフト低減化技術の確立(生研センター事業報告 H17)

① ＳＳドリフト試験法を検討し、感水紙付着液斑の被覆面積率からトレーサ飛散量を簡易的に評価する手法について見通しを得た。

② わい化りんご樹に対して、ＳＳの上方への噴霧を停めること、園地最側列作業時に遮風板を使用することは、若干のドリフト低減効果が認められた。

３．市販機におけるドリフト対策

SS のドリフトを低減するためには、適正な風量の選択、樹体のない方向の噴霧の停止等、適正な運転条件の設定を行う必要がある。市販されている SS 本機についてのドリフト対策には、①ドリフト低減ノズル、②送風遮断板、③分割ノズル、④風量遮断板、⑤回胴式送風機、⑥風量の切替装置などが見られる。図 2 に送風遮断板を示す。送風遮断板は送風口を覆って風を止める板であり、片側散布時に噴霧を止めた上で送風口も覆うことで目的外方向へのドリフトを抑える。図 3 に分割ノズルを示す。分割ノズルでは、送風口周囲には位置されたノズルを分割して開閉できる。2 分割、4 分割、6 分割ノズルがある。

図 2　送風遮断板
（メーカーカタログより）

図 3　分割ノズル（メーカーカタログより）

図 4 に風量調節板を示す。風量調節板は送風機の空気取込口に取り付けて、樹体の状態に合わせた適正な風量を送風する目的で使用される。

図 4　風量調節板（メーカーカタログより）

４．開発予定機種の概要

図 5 に開発予定機種のイメージ図を示す。開発予定機種の機能概要は次のようにした。①樹体、枝葉の有無、高さ等に応じて、噴霧及び送風方向・風量を適正かつ容易に調節できる。②設定散布量を高精度に維持する噴霧量・噴霧圧制御装置を装備する。③ドリフト低減型ノズルを装着する。④センシング技術を用いた散布装置の自動制御を可能にする。

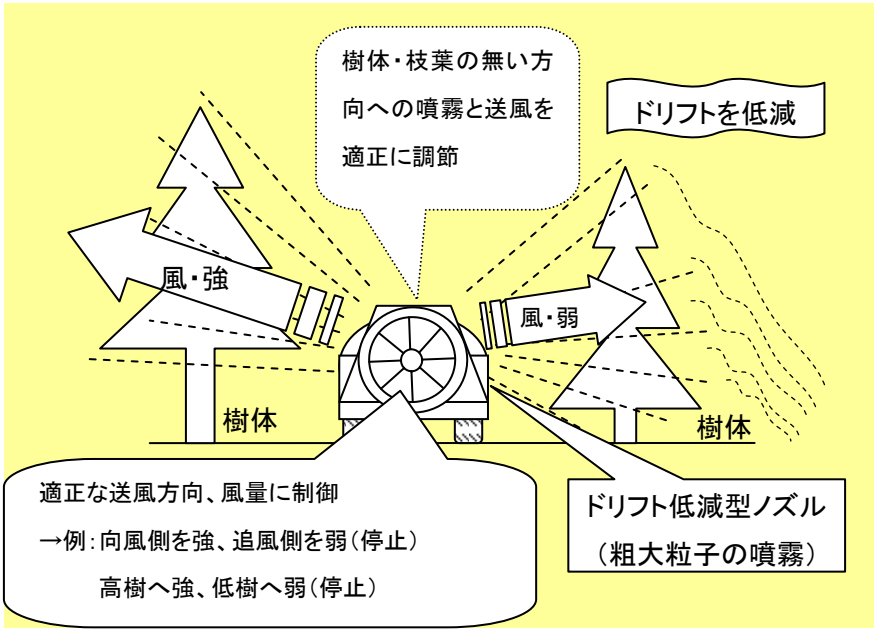


図５　開発予定機種のイメージ図

５．期待される成果

１）既存ＳＳと同等の作業能率で農薬散布作業が可能であり、ドリフト低減効果を有しつつ、薬剤付着性能の高いノズルが開発される。

２）散布対象の樹体や枝葉の無い方向（旋回時園地外側、樹枝の無いＳＳ機体上方等）への噴霧と送風を停止する機能が開発され、現行ＳＳと比べて、ドリフトを低減しつつ、薬剤使用量が節減される。

３）噴霧方向、噴霧量等を適正かつ容易に制御する散布装置が開発され、作業が簡易化・高精度化される。

４）適正風量で送風機が運転されることから、騒音が低下される。

６．今後の予定

果樹用農薬飛散制御型防除機の開発計画は次の通りである。

１）わい化栽培されたリンゴ園において、試作した低ドリフトノズルのドリフ

ト低減効果、薬剤付着性能を調査する。

２）噴霧方向及び噴霧量制御機能試験装置を設計、試作する。

果樹用機械の特徴と利活用

１．はじめに

果樹生産において一般的に使用されている機械は、除草、薬液散布、運搬作業程度である。園内作業道の施工が難しい傾斜25度以上の急傾斜地果樹園では、機械化は特に遅れている。除草は主に刈払機を使って行わる。薬液散布は動力噴霧機を使った手散布が主体で、一部にスプリンクラの導入が見られる。運搬には単軌条運搬機が広く利用されている。一方、傾斜度15度未満の平坦で園内作業道のある平場の果樹園においては、除草は乗用草刈機、薬液散布はスピードスプレーヤ、運搬は動力運搬車やトラック等で行われ、高所作業車も利用されている。

主な果樹の10a当たり栽培労働時間は図１に示すとおりである。中耕・除草及び薬剤散布作業は10～33h/10aで、5～18%を占めるに過ぎず、手作業で行われるせん定、摘果、収穫作業等に多くの労力を要している。

ここでは、緊プロ事業で開発され市販化された傾斜地果樹用多目的モノレール、開発中のせん定枝粉砕搬出機など、生研センターで開発した果樹生産用機械の概要を紹介する。

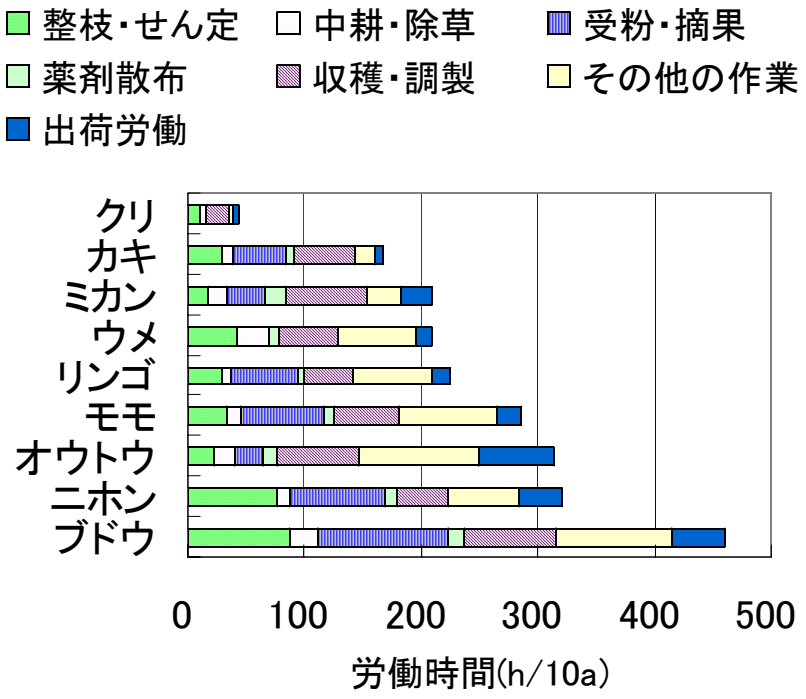


図1　果樹栽培労働時間

２．生研センターで開発した主な果樹用機械

図２に傾斜地と平野部における現状での果樹の機械化作業体系と果樹生産工学研究単位でこれまでに開発した主な果樹用機械を示す。

園地整備作業については、傾斜地カンキツ園等の園内作業道の造成を容易に行うことができる作業道開設機械と、果樹の大苗を根鉢を付けて掘り上げ運搬することができる果樹用移植用機械を開発した。中耕除草作業では、果樹の樹冠下で主幹の周りまで草刈りが行える果樹用中耕除草機や幹周草刈機、堆肥等のたこつぼ施用時の穴掘りも可能なコイル式深耕機等を開発した。施肥作業では、70cm間隔で20cm程度の深さに掘削して、土中に化学肥料を混和することができる果樹用局所施肥機やトラクタ装着用横排出マニュアスプレッダを開発した。防除作業では、薬液散布装置とリフト付荷台の載せ換えができラジコンによる遠隔操縦ができる傾斜地果樹用管理ビークルやパイプ誘導式無人防除機、鳥害防止装置等を開発した。この他、高所作業車や各種作業機の載せ換えができる小型汎用作業車、収穫箱ハンドリング作業車等を開発した。

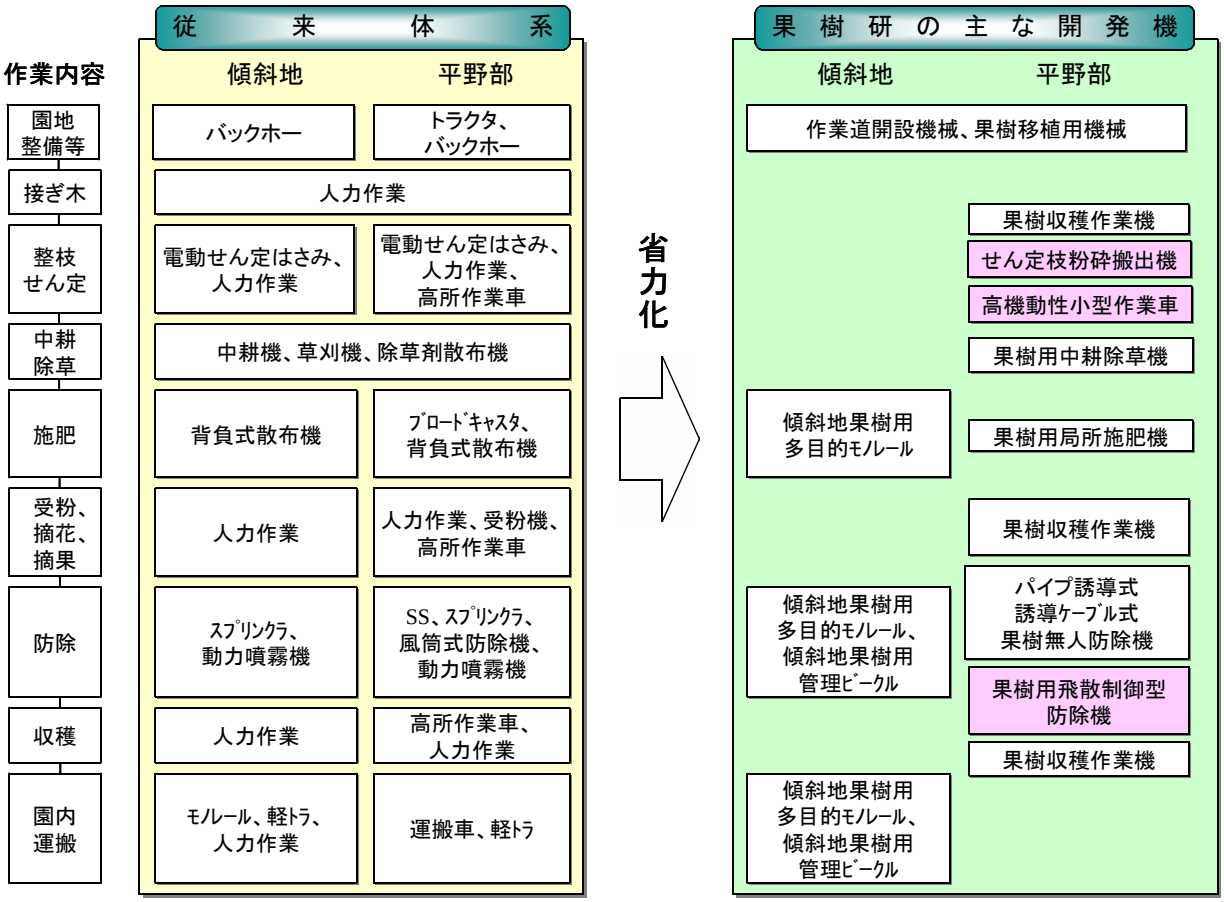


図2　これまでに開発した主な果樹用機械

３．現在市販化されている開発機の特徴

１）作業道開設機の特徴

園地整備用機械である作業道開設機械を図３に示す。これは、市販の小型バックホーをベース機として、道路法面の作成が容易にできるようにブームを左右に40°傾斜できる機能を備えている。このチルトブームにより果樹移植時の根切り作業においてもブームをチルトさせると果樹の側面から反対側を掘削できるため、場所移動などの手間が省ける。さらに、排土板を左右25度ずつの角度を持たせているため埋戻しや片側排土が容易に行える。また、バケット部に別途販売されている根切り刃を取付けると、柑橘の根切り作業を容易に行うことができる。

図３　作業道開設用機械

２）傾斜地果樹用多目的モノレールの特徴

(1)構造と機能

傾斜地果樹用多目的モノレールは、園内の樹列に沿った等高線方向の支線モノレール及び傾斜上下方向の本線モノレールで構成される。支線モノレールは、収穫物の運搬、薬液散布、肥料散布、除草剤散布、せん定枝処理などの各種作業を行う。本線モノレールは、支線モノレールで収集・運搬した収穫物などの園外への搬出及び支線モノレールの各種作業機への資材供給などを行う。なお、園地条件などにより、支線軌条をＳ字状に架設した回行式タイプ（図４）と、支線軌条を園内の樹列に沿って等高線方向に複数架設した支線式タイプ（図５）のいずれかを選ぶことができる。回行式は、傾斜度30度以下の山成園に設置できる。支線けん引車は、支線端で自動停止する機能を備えており、薬液散布車は、噴頭の角度を山側・谷側の傾斜に合わせて自動で調整する噴頭角度自動調整機能を備えて

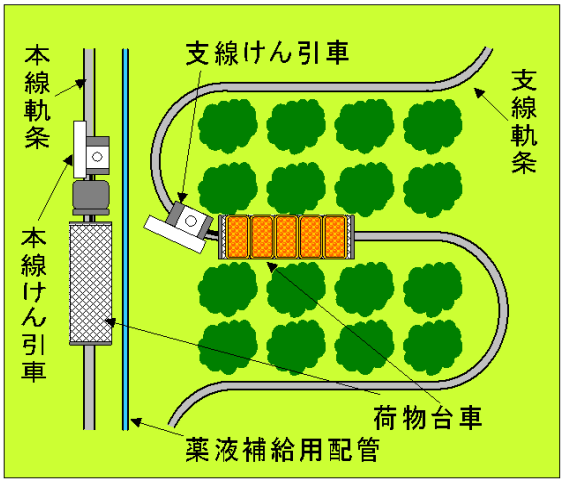


図４　回行式（収穫物運搬時）

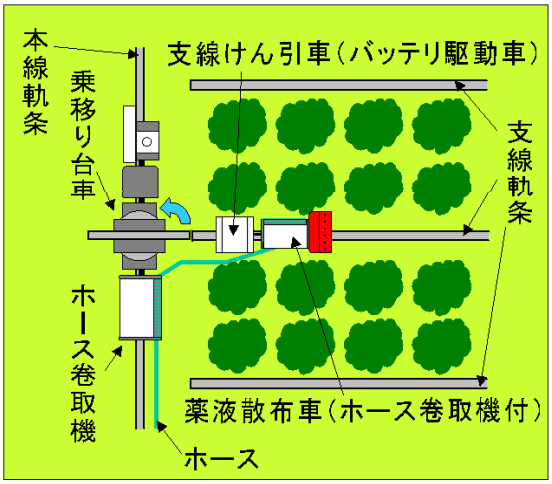


図５　支線式（薬液散布時）

いる。支線式は、傾斜度35度以下の階段園又は山成園に設置でき、複数の支線軌条間で支線けん引車及び作業機を移動するための乗移り台車を備えている。支線けん引車は、前後走行及び停止が遠隔操作可能なバッテリ駆動車で、支線端と乗移り台車上で自動停止する機能も備えている。薬液散布車は、噴頭角度及びノズルの噴霧のオンオフを遠隔操作できる。

⑵作業方法

①収穫物の運搬

支線モノレールの荷物台車により、図６のように、収穫物を回収し、回行式では、支線モノレールの荷物台車が満杯になった時点で、支線軌条と本線軌条の近接点において、収穫物を本線モノレールの荷物台車に積み替え、園外に搬出する。

図６　回行式での収穫物の回収・運搬

支線式では、荷物台車が満杯になった時点で、支線けん引車及び荷物台車を乗移り台車上に移動させ、本線モノレールにより、そのまま園外に搬出する。

②薬液散布

回行式では、ほとんど無人で行えるが、園内の樹列にまんべんなく散布するため、薬液散布車が支線端に到達したら、噴頭の向きを左右切り替える。薬液は、本線軌条に沿って薬液補給用配管を設置し、支線軌条と本線軌条の近接点において、適宜補給する。

図７　乗移り台車に搭載した
バッテリ駆動車及び薬液散布車

支線式では、遠隔操作で思い通りの作業を安全・確実に行える。薬液は、園外に設置したポンプから本線及び支線モノレールのホース巻取機を経由して、薬液散布車に供給する（図５、図７）。

③肥料散布

予備肥料を荷物台車に積込み、肥料散布機に適宜補給し、散布幅は、手動で調整する。

④除草剤散布

荷物台車に除草剤散布機を搭載し、散布を行う場所

表１　性能試験の結果例

作　業	能　率	備　考
収穫物の運搬	64（箱/h･人）	回行式、等高線方向の園地の幅：約 19m、手運搬の 2.5 倍
	85（箱/h･人）	支線式、等高線方向の園地の幅：約 40m、一輪車運搬の 2.3 倍
薬液散布	27（a/h）	回行式、園地面積：40a、散布量 369L/10a
	26（a/h）	回行式、園地面積：30a、散布量 412L/10a
	23（a/h）	支線式、園地面積：19a、散布量 373L/10a
肥料散布	27（a/h）	回行式、化成肥料、散布量 120kg/10a
	18（a/h）	支線式、化成肥料、散布量 140kg/10a

まで移動し、手散布する。

⑤せん定枝処理

荷物台車にせん定枝処理機を搭載し、支線軌条の近くに集めたせん定枝を処理する。

(3) 作業性能等

和歌山県及び愛媛県のカンキツ園で以下の性能を確認した（表1）。

①収穫物の運搬の作業能率は、一輪車使用時の２倍以上で、労働負担を大幅に軽減できる。

②薬液散布の作業能率は、手散布の３倍以上で、スプリンクラに比べ、散布量が大幅に節減でき、薬液の付着も良好で、果実の外観品質も優れている。

③肥料散布、除草剤散布、せん定枝処理の作業能率が向上し、労働負担を軽減する。

(4)利用効果

①収穫物や肥料袋などの等高線方向の運搬が大変楽になり、能率が向上する。

②農薬を被曝することなく散布でき、快適性、能率が向上する。

③農薬の大幅な節減が可能で、環境に優しく、農薬費の低減が期待できる。

④肥料の散布精度が向上し、無駄な散布がなくなり、肥料費の低減が期待できる。

(5)導入に当たっての留意点

①等高線方向の軌条の設置間隔は8m以内である。なお、支線モノレールが通過できるよう、樹間のスペースを80cm以上確保する必要がある。

②１区画1ha規模の園地での使用が経済的である。小区画園地では、支線作業機用の園地間移動装置を使い、1台の作業機を複数の園地で利用することができる。

③支線モノレールの雑草対策として、支線軌条周辺に除草シートを敷設する。

４．現在開発中の機械の特徴

１）せん定枝粉砕搬出機

リンゴやナシのせん定枝を拾い上げ、粉砕し、収容して搬出する機械を開発中である。２軸粉砕機構の粉砕機能試験機１次改造機(図８)は、粉砕部の回転速度が30rpm程度と遅い粉砕機構であるため、粉砕部供給口からチップが飛び出すことが無く、手でせん定枝を供給する際にも安全である。また、粉砕部が２軸ローラ刃によるせん断作用で粉砕する機構であるため、騒音が従来型のフレール刃方式のチッパーが105dB

図８　粉砕機能試験機1次改造機の能率試験風景

であるのに対し開発機は90dBと約15dB低減した。りんご園(岩手)及びなし園(埼玉)で拾上げ機能試験機１次改造機(図８)の性能試験を実施した結果、ナシ園での収集率は80%弱であった。更に拾上げ性能の向上が必要であり改良を進めている。

粉砕したせん定枝チップは堆肥化、炭化により土壌改良資材等としての利用を検討中である。

図９　拾上げ機能試験機1次改造機のナシ園での試験風景

２）高機動性小型作業車

果樹栽培のせん定、摘果、収穫等の作業は手作業で行われ、多くの労力を要している。高所作業車が市販されているが、1台80万円程度の機械であるため、利用している場合でも１戸の農家に１台までであり、脚立は必需品となっている。この脚立に代わる1人1台使えるような簡易で取扱性の優れた小型作業車の開発をねらいとし、 現在は電動作業台車が凹凸路面を通過して傾斜した場合でも座席を常に水平に保つ姿勢制御装置を試作し、 0.4m/s程度で走行し、走行部が最大11度傾斜した場合でも座席の傾斜は３度以内に収めることができた。更に改良を進めるとともに、任意の方向に移動可能な走行機構の試作を進めている。

図10　姿勢制御の基礎試験の様子

５．おわりに

消費者からは、高品質な果実の安定生産が求められ、平成18年5月からポジティブリスト制が実施されたことにより、安全で安心な果実の生産が求められている。主要果樹であるリンゴとミカンでは生産調整が行われているにもかかわらず、価格は低迷し、後継者不足のために条件不利な園地から耕作放棄が進んでいる。この様な現状で、果樹経営を発展させるには、雇用労力を確保しながら経営規模の拡大が不可欠であり、そのような場面で省力・軽労化に貢献することのできる機械の開発が重要と考えている。

我が国の野菜用機械の新技術

１．はじめに

わが国の野菜栽培面積をみると、1990 年ころに 65 万 ha 程度であったものが近年では、おおよそ 50 万 ha と 20%近くも減少している。なかでもダイコンやキャベツなど重量野菜の栽培面積の減少は急激である。キャベツについて言えば、1998 年から 2002 年のわずか４年間で、2,600ha もの作付け面積が減少している。この数値は、千葉県の全キャベツほ場面積（県別キャベツ作付け面積第３位）に匹敵するものである。

こうした状況は、野菜産地における労働力不足や高齢化などにより栽培農家数の減少、食生活の多様化によって、少量多品目な野菜需要が増加する反面、個人消費量が減少したことなどの影響があると考えられる。1985 年には 111kg であった年間個人消費量は、2002 年では 97kg となっている。また、国内の野菜の自給率も減少傾向にあり、1975 年頃までは、ほぼ 100%であった野菜の自給率は、2000 年においては 82%まで減少している。このような状況に対処し、将来にわたって野菜を安定供給するためにも、早急に野菜栽培の省力化、機械化を進め、労力不足の解消や労働過重の軽減を図り、野菜栽培面積の維持、生産量の確保を推進する必要がある。

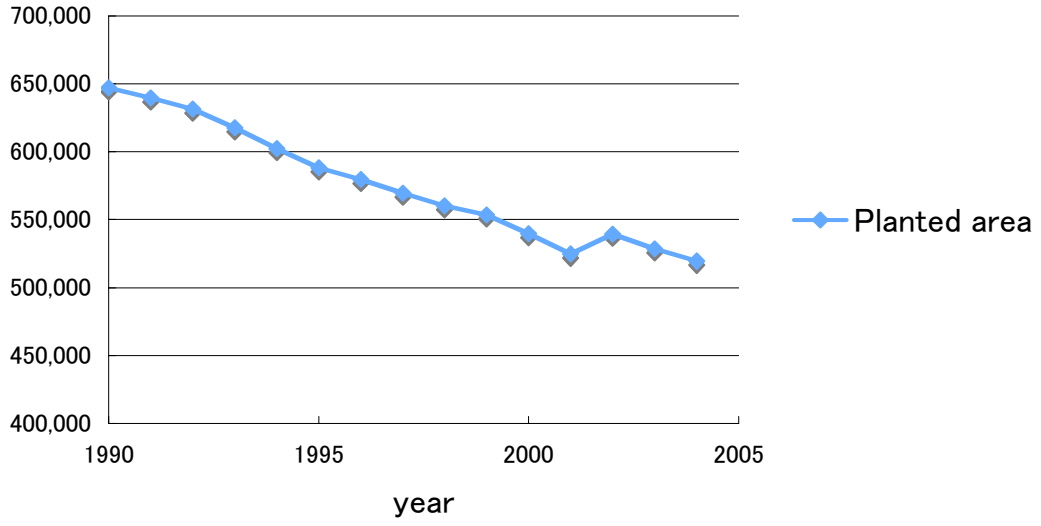


図１　国内の野菜作付け面積の推移

２．野菜栽培の機械化の現状と問題点

表１に野菜の種別、作業毎の機械化の現状を示す。防除作業は、ほぼ全ての野菜において機械化が行われており、各種の防除機が広く普及しているものの、機械化一貫体系が確立されている品目は少ない。

根菜類については、直播体系で省力的な栽培が行われているものの、間引き作業はまったくの人力作業で行われており、機械化・省力化が要望されている部分である。いも類では、播種から収穫・調製まで一貫した機械化が行われている場合が多い。さらに、高品質なバレイショ生産を省力的に行うソイルコンディショニング体系という新しい栽培技術体系の確立も模索されている。ソイルコンディショニング体系は、セパレータとよばれる機械を利用し、栽培畝部分より土塊や石の除去を行い、収穫時の作業能率向上につながるのみならず、収穫時の打撲などの障害を軽減し、同時に根圏の拡大により規格歩留り収量の向上に寄与する栽培技術で、現在、国内で試験的に用いられている機械は、海外からの輸入機がほとんどである。このため、セパレータ、プランタ、ハーベスタ、粗選別機などの各種機械サイズやコスト面で国内利用に適するよう開発・改良を行う必要がある。また、タマネギについても、北海道のような大規模ほ場用の機械だけでなく、比較的小規模ほ場でも利用できる小型の収穫機が開発され、淡路島などの産地を中心に普及が進んでいる。これにより移植から一貫した機械化作業が行えるようになってきた。

キャベツ、ハクサイ、レタスなどの葉茎菜類については、各種移植機が利用されている。収穫機も開発され、作業能率の向上や出荷体系への対応など利用技術の検討が行われ、普及の推進が図られている。生物系特定産業技術研究支援センター（略称：生研センター）園芸工学研究部においても、葉菜類の収穫分野の機械化とりわけキャベツに関わる機械化を研究の柱の一つと位置づけている。

果菜類については、接木作業を自動化する装置が開発され一部の種苗会社などで利用されているものの、広く普及している状況にはなく、依然として多くの作業が手作業で行われ、他品目に比較して多くの労働時間を要している。

このように野菜作においても比較的機械の利用が進んでいる部分があるものの、稲作と比較すれば、まだまだ遅れている部分が多い。機械の普及と言う側面で考えると、野菜栽培面積は全体でも 50 万 ha 程度で、個々の品目ごとに考えればさらにその数値は小さくなり、稲作の 170 万 ha と比較してもいかに野菜用機械のマーケットが狭いかがわかる。こうした状況も機械開発の促進を阻害する一因と考えられる。しかし、野菜は豊かな食生活を支え、健康維持の観点からも欠くことのできない食品であるということは言うまでもない。昨今の天候の不順による野菜不足の現状を顧みるとますますその思いが強く、野菜の安定生産のため、今後の機械開発や機械利用の技術普及は緊急を要する重要事項である。

表１　野菜の種別、作業毎の機械化の現状

種別	品目	播種		間引き	接ぎ木	移植	防除	中耕培土	収穫	調製
		直播体系	育苗体系							
根菜類	ダイコン	◎	―	×	―	―	◎	◎	○	◎
	ニンジン	◎	―	×	―	―	◎	◎	○	◎
	ゴボウ	◎	―	×	―	―	◎	◎	○	◎
いも類	バレイショ	○	―	―	―	―	◎	◎	◎	○
	カンショ	―	×	―	―	○	◎	―	◎	○
	サトイモ	○	―	―	―	―	◎	◎	◎	○
	ヤマノイモ	○	―	―	―	―	◎	◎	◎	◎
鱗茎類	タマネギ	―	○	―	―	○	◎	―	◎	○
	ニンニク	○	―	―	―	―	◎	―	◎	○
	ラッキョウ	○	―	―	―	―	◎	―	◎	△
葉茎菜類	キャベツ	―	◎	―	―	◎	◎	◎	△	―
	ハクサイ	―	◎	―	―	◎	◎	◎	△	―
	レタス	―	○	―	―	○	◎	―	×	―
	ブロッコリー	―	○	―	―	○	◎	◎	×	―
	ホウレンソウ	◎	―	―	―	―	◎	―	×	○
	ネギ	―	○	―	―	○	◎	◎	◎	◎
果菜類	トマト	―	○	―	△	×	◎	―	×	―
	キュウリ	―	○	―	○	×	◎	―	×	―
	ナス	―	△	―	△	×	◎	―	×	―

◎：多くの産地で一般的に機械が利用されている
○：一部の地域で機械が利用されている
△：市販機はあるものの、わずかに利用されている程度
×：機械がなく、現在は人力作業
―：該当作業なし

備考：　播種は、直接ほ場に播種し、収穫まで行うものを「直播体系」、トレイ等に播種して育苗後、ほ場に移植するものを「育苗体系」とした。

　調製は、茎葉・根切断、ひげ根取り、表皮向き、洗浄（清浄）、結束・包装などの作業で、選別、箱詰め等の出荷作業は含まない。

３．生研センターで開発した野菜用機械

１）これまでに終了した農業機械等緊急開発・実用化事業における野菜用機械

生研センターでは、これまでにも多くの野菜用機械の開発を行ってきた。特に平成５年度から開始された農業機械等緊急開発・実用化事業（緊プロ）においては、表２に示すような 27 機種の野菜用機械および資材の開発を農機メーカと共同に行ってきた。

表２　これまでに終了した緊プロにおける野菜用機械

研究課題	開発目標	研究参画企業
セルトレイ苗補填装置	野菜等の機械移植等に対応した育苗において、セルトレイ上の生育不良苗を検出し、健全苗を補填する装置。	ヤンマー農機（株）、三菱農機（株）
野菜接ぎ木ロボット	作業車が１株ずつ給苗するうり科野菜（きゅうり、すいか及びメロン）用の穂木苗及び台木苗を、10 株/分以上の作業能率でクリップにより接合する接ぎ木装置。	井関農機(株)、金子農機(株)
全自動ウリ科野菜接ぎ木ロボット	うり科野菜用の穂木苗及び台木苗の補給、クリップによる接合及び接ぎ木苗の育苗トレイ等への植え付けまでを 10 株／分程度の作業能率で行う全自動の接ぎ木装置	井関農機（株）、(株)クボタ、三菱農機(株)、ヤンマー農機(株)
野菜全自動移植機	葉菜類等の野菜苗を自動給苗し、１条当り 60 株／分以上の植付け速度で、連続して 100 株以上の移植作業を行うことのできる乗用型全自動移植機	井関農機（株）、(株)クボタ、ヤンマー農機(株)
いちご移植機	いちご苗の適切な向きの植付けを、施設内ほ場において 1 a/時程度の作業能率で行うことのできるいちご苗移植機	ヤンマー農機(株)、石川島芝浦機械(株)
甘しょ挿苗機	調製された甘しょ苗を自動給苗し、マルチを穿孔し、1 条当り 40 本/分以上の植付け速度で挿苗作業を行うことのできる乗用型挿苗機。	マメトラ農機(株)、ヤンマー農機(株)
野菜栽培管理ビークル	各種作業機を搭載して、キャベツ等の野菜の中耕、追肥、防虫害防除等の作業については、20 a/時以上の能率で行うことができ、300kg 以上の積載能力を有する汎用性のある車高の高い乗用型作業車。	井関農機（株）、(株)クボタ、三菱農機(株)、ヤンマー農機(株)、有光工業(株)、大島農機(株)
だいこん収穫機	だいこんの引き抜き、一定位置での葉の切断及び収容の作業を、2 a／時程度の能率で処理することのできる自走式の乗用型収穫機。	(株)ササキコーポレーション、(株)クボタ
ごぼう収穫機	ごぼうの引抜き及び収容作業を、2 a／時以上の作業能率で行うことのできる自走式の収穫機。	三菱農機(株)、川辺農研産業(株)
はくさい収穫機	はくさいの根部切断、収容作業を 2 a／時以上の作業能率で行うことのできる自走式の乗用型収穫機。	松山(株)、(株)クボタ
キャベツ収穫機	キャベツの引き抜き、根部切断及び収容作業を、2 a／時以上の作業能率で行うことのできる自走式の乗用型収穫機。	小橋工業（株）、(株)クボタ、ヤンマー農機(株)
非結球性葉菜収穫機	密植されたほうれんそう等の非結球性葉菜類の収容等の作業を 0.5 a／時の作業能率で行うことのできる自走式の収穫機。	セイレイ工業（株）、小橋工業(株)
ねぎ収穫機	畝立て栽培されたねぎの堀上、収容作業を 0.5a／時以上の作業能率で行うことのできる自走式の乗用型収穫機。	小橋工業(株)、セイレイ工業(株)
いちご収穫作業車	収穫作業に応じて適切に速度を調節できる走行部、座った状態で収穫作業ができる座席及び収穫物の積載装置を備えた乗用型作業車。	スター農機(株)、(株)筑水キャニコム

汎用いも類収穫機	ばれいしょ、かんしょ、さといも等のいも類の掘り取り、茎葉処理、選別、収容等の作業を、5 a／時以上の作業能率で行うことのできる自走式の乗用型収穫機。	東洋農機(株)、小橋工業(株)
重量野菜運搬作業車	300kg以上の野菜を搭載しつつほ場の中を安定的に走行できる機能を備え、トラック等への積み替えを効率的に行なうことのできる運搬作業車。	文明農機(株)、(株)デリカ
野菜残さ収集機	キャベツ等の野菜収穫残さを 5 a/時以上の作業能率で土壌からふるい分けて圃場外へ搬出する作業機。	フジイコーポレーション(株)、松山(株)
農業副産物コンポスト化装置	野菜残さ、野菜くず等の農業副産物を 50kg／日以上の能力で処理できる有効内容積が500Ｌ以上のコンポスト化装置。	静岡製機(株)、ヤンマー農機(株)
粒状有機肥料	機械施肥に適するように硬度、粒径等がほぼ均一に成型された有機肥料。	片倉チッカリン(株)、多木化学(株)
軟弱野菜調製装置軟弱野菜調製機	収穫後のほうれんそう等軟弱野菜について、根部切断、下葉除去等の作業及び一定量ごとの包装または結束作業を行うことのできる装置。	(株)クボタ、(株)斉藤農機制作所、ヤンマー農機(株)
軟弱野菜調製装置計量・包装機	調製後のほうれんそう等軟弱野菜について、一定量の計量及び包装作業を一行程で行うことのできる装置。	(株)クボタ、(株)斉藤農機製作所
長ねぎ調製装置	収穫後の長ねぎについて、高精度な根部切断処理、騒音の少ない皮むき処理等を行うことのできる装置。	(株)マツモト、(株)ちくし号農機製作所
越冬はくさい頭部結束機	越冬はくさいの頭部の結束処理を行うことのできる作業機	ヤンマー農機(株)
レタス収穫機	レタスの外葉と根茎部の切断及び損傷を与えることの少ない搬送・収容が可能な自走式の収穫機。	(株)クボタ、松山(株)
大粒種子整列は種装置	かぼちゃ等の大粒種子を、種子の向きと胚の位置を一定にそろえて育苗トレイには種できる装置。	ヤンマー農機(株)
セルトレイ苗挿し木装置	セル苗による機械移植に対応して、荷受けした菊穂の下葉除去部への搬送、下葉の除去等の処理及びセルトレイへの挿し木を行うことのできる装置。	井関農機(株)
結球葉菜調製選別装置	収穫後のキャベツ等結球葉菜について、形状の変異に対応した適正部位での外葉の切断及び選別処理を行うことのできる装置。	ヤンマー農機(株)
追従型野菜運搬車	野菜の収穫機に自動追従して、収穫物の運搬を行うことのできる運搬車を開発する。	（株）クボタ

２）利用の進んでいる緊プロで開発された野菜用機械

（１）全自動野菜移植機の特徴

・２条植えが行える乗用の全自動移植機で、苗トレイは、標準規格トレイの 128 セル及び 200 セルが利用できる。

・作業者１名で、高精度、高速かつ楽な姿勢で移植でき、能率的である。

・規格化された苗トレイの利用により、育苗の労力軽減や分業化が可能である。

・平地から傾斜地、小区画から大区画の畑まで、全国の葉菜類の畑に適応可能である。

・植付け速度は１条当たり 60 株/分以上、200 セルのトレイを 12～14 枚積載すると、作業者が降車することなく、2400 株以上の連続植え付けが可能。

・作業能率（ほ場作業量）は、作業者１名で約 10a/時。人力作業に比べて 10 倍以上、歩行型全自動移植機に比べて２～３倍。

図２　全自動野菜移植機

（２）野菜管理ビークルの特徴

・防除、中耕、培土、追肥などの管理作業を行うことができる乗用の作業機で、畝間に合わせて車輪の間隔を 120cm、135cm に調節可能である。

・専用のクイックヒッチを搭載しており、各種作業機の着脱が容易である。

・防除機は、散布幅８ｍのブーム、300 リットルの薬液タンク、動力噴霧機で構成。

・作業能率（ほ場作業量）は、防除では 70a／時以上（動噴手散布の６倍以上）、中耕・培土は 30a/時以上である。

図３　野菜管理ビークル（防除作業）

（３）ネギ収穫機の特徴

・楽な立ち姿勢で、泥を落としたねぎを揃えて収容し、収穫から搬出までを高能率に行うことのできる乗用型のネギ収穫機。

・走行部は、その場旋回が可能なクローラー式で、無段変速、車体左右水平制御装置が装備されている。

・作業速度 0.03～0.10m/s の範囲で、出荷に問題となるねぎの損傷はほとんどなし。

・収穫・結束・搬出作業までの作業能率（ほ場作業量）は、0.7～２a／時（作業者１～２名）で、慣行作業の約３倍。

・１条畝立て栽培のしろねぎ（根深ねぎ）が対象で、条間 75cm 以上、畝高さ 25～50cm に適応。

図４　ネギ収穫機

（４）ダイコン収穫機の特徴

・だいこんの引抜き、一定位置での葉切断、機上まで搬送が行える１条用の乗用一斉収穫機。

・走行部はクローラー式で、無段変速、車体左右水平制御装置付き。

・振動刃で多様な土壌条件に対応可能で、マルチカッタを備え、マルチ栽培にも対応可能。

・コンテナ（収容量 400kg、畝長さ 100m 程度）を積載。コンテナの積降しにクレーンを装備している。

・作業能率（ほ場作業量）は、2.1～3.7a/時程度で、人力収穫の２～３倍。

・青首だいこんが対象で、畝高さ 25cm 以下、条間 30cm 以上、株間 25cm 以上に対応。

図５　ダイコン収穫機

青果物の調製選別用機械

１．はじめに

農家で生産された青果物が消費地へ届けられる流通形態には、大きく分けて２系統ある。一つは、青果市場を通して仲買・小売り・量販店へと流れる「市場流通」であり、もう一つは、消費者や量販店が生産者と直接契約して購入する「市場外流通」である。日本国内では前者の市場流通が７割を占めているといわれ、最近市場外流通も増えてはいるが市場を介した流通形態が主流である。何れの流通形態においても、生産者側では収穫された青果物を円滑に流通させるために、それぞれの流通形態に合わせて、表面の汚れを水で洗い流したりブラシで取り除く「洗浄・清浄」、不要な根や葉を取り除く「調製」、大きさや品質毎に仕分ける「選別」、一定の分量で結束や包装を行う「結束・包装」などの作業を施してから出荷しているのが一般的である。収穫以降に行われる作業は、収穫された青果物の外観（見ため）をよくして商品価値を高めることや、袋や箱に詰めることで取扱をより円滑にする目的を担っている。特に、最近では輸入野菜の増加を反映して、高品質や安全性等を特徴とした高付加価値化の傾向がみられ、収穫以降の調製や選別作業の重要性が一段とクローズアップされてきている。さらに、最近ではスーパーや外食産業などからは、バックヤードでの作業の省力化や野菜残渣を出さないために、野菜の一次加工品的な供給も求められている。このように、産地では収穫後のいわゆるポストハーベストにおける作業が多くなる傾向にある。

収穫された青果物が出荷までに施される作業は、大きく分類して図１に示したとおりであるが、それぞれの青果物によって作業内容が様々で、これら作業用機械・装置も多岐にわたっている。また、これらの機械は個々の農家単位で利用可能な個人利用タイプと、大量処理が可能な施設利用タイプに分けられる。ここでは、収穫以降の作業等に用いられている機械装置を紹介する。

収　穫
↓
①調　　製（根等の不要な部分を除く）
②清浄・洗浄（土・ごみを除く）
③選　　別（サイズや品質別に分ける）
④結束・包装（結束、袋詰、箱詰をする）
⑤予　　冷（品温を下げて品質を保持する）
⑥予　　措（渋を抜く等の処理を施す）
⑦貯留・貯蔵（一定期間保存する）
↓
市場等へ出荷

図１．収穫以降に行われる主な作業

２．調製用機械

一般に青果物の調製作業とは、ネギの皮剥きやホウレンソウの下葉取りに代表されるように、不要な葉や根等の部分を取り除く作業を指すことが多いが、広義に選別や箱詰めなど出荷までに行われる作業全般を表す場合もある。ここでは前者に限定して説明する。この不要な根や葉を取り除く調製作業用機械には、前述した長ネギの皮むき機やホウレンソウ・ニラの下葉取機の他に、ダイコン、ニンニク、サトイモ等のヒゲ根取機や、玉ネギの茎葉除去機等がある。

長ネギの皮むき機には、コンプレッサーによる圧縮空気を利用して皮をむくタイプと、水を噴射して剥くタイプがあるが、水を利用したタイプは濡れたねぎが流通で嫌われるため、圧縮空気利用の皮むき機が多く普及している。圧縮空気による皮むき機は、１時間あたり60～100kgの処理が可能であるが、作業者への騒音被曝の問題がある。一部の機械ではあるが、防音対策がなされたタイプもみられる。また、長ねぎの皮をむく前に行われる根切り用の機械がある。根切り作業は、切り過ぎると商品価値を下げてしまい、切り不足だと皮をむく能率が悪くなるため、適正な位置での切断作業が求められてる。現状の機械では適正な位置での根切りには、作業者が適正な位置にセットする等の補助を必要とする。これまでは、皮むき機と根葉切り機は別々に利用されていたが、近年、この皮むきと根切り（葉切り）作業を一工程で行う機械も市販されてい

る。この機械は、根葉切りと皮むき作業が１台の機械で可能であるが、作業者は２名必要である。また、生研センターとメーカで共同開発した長ネギ調製装置がある（図２）。この装置は、１名の作業者で、根切り・皮むき・葉切り作業を自動で行うことができる。

図２．長ネギ調製装置

ホウレンソウ、ニラの下葉取り機には、長ねぎの皮むき機と同様に圧縮空気を利用するものと、糸やゴムを回転させて下葉を取り去るものがある。糸やゴムによるタイプは安価で利用しやすい反面、対象物を損傷しやすい問題がある。また、圧縮空気と水を同時に作用させて、小ねぎや青ねぎの下葉除去や根部の洗浄を行う機械がある。これらの作物は処理する量が多いため、数本同時に作業せざるを得ない。そのため、処理しきれないものがあり、再度手作業で仕上げを行っているのが実状である。最近では、ホウレンソウや小松菜などの軟弱野菜の下葉や根の切断を行う軟弱野菜調製機が、生研センターとメーカで開発されている（図３）。この調製機は、従来作業の約２倍の能率がある。

図３．軟弱野菜調製機

根菜類の調製用機械には、ヒゲ根取り機がある。サトイモ等のヒゲ根取り機には、ヒゲ根をロールに巻き込んでむしり取るものや、レシプロ運動する切断刃によりヒゲ根を取るものがある。ダイコンのヒゲ根取り機は、回転する糸を利用してヒゲ根を除去するものであるが、糸による損傷が出やすい欠点がある。また、リーマや回転切断刃によりニンニクの根を取りさるものがある。

これらの他にもカキの皮むき、カンピョウの皮むき等の調製用機械がみられる。しかし、調製作業は不要な部分を取る等の複雑な作業が多く、しかも作業の善し悪しが商品価値に直接影響するため、機械化が難しく手作業に頼っている部分が依然として多い。現在利用されている機械の多くは、作業者が仕上がり具合をみながら作業を行うものであり、今後は自動化を目指した機器開発が望まれる。また、多くの産地で労力不足が深刻化しており、とりわけ調製作業の労力不足は深刻であり、機械による省力化の要望は各方面から切望されている。

３．洗浄・清浄用機械

洗浄作業は、収穫された野菜や果物の表面に付着した土や農薬などを洗い落とし、主として商品としての見栄えを良くするために行われているが、近年はＯ－157騒動もあって、安全面からの洗浄作業としても重要視されている。この洗浄作業用の機械は根菜類を中心として普及して

おり、これらの機械は洗浄方法によって、ブラシ式、ドラム式、噴射式、浸漬式などに分類される。また、これらは洗浄作業が連続して行える連続式と、１回毎にある量をまとめて処理する間欠式がある。

ブラシ式洗浄機は、ナイロン糸やスポンジ製のロールブラシや板ブラシによって、青果物の表面の汚れ等を洗い落とすものである。この方式には、青果物を搬送しながら洗浄作業を連続的に行うものや、所定の量を洗浄機に入れて一定時間ブラシ等に作用させて間欠的に洗浄作業を行うものがある。連続的なブラシ式洗浄機は、ダイコン、カブ、カンショなどに利用されている。また、間欠的なブラシ式洗浄機は、ニンジンやゴボウに用いられている。ドラム式洗浄機は、回転するドラム等の中に青果物を入れて材料同士の摩擦や、ドラム内に設けたブラシの作用で洗浄・搬送するものである。この方式は連続して大量の処理が可能であるため、ニンジンなどの洗浄施設での利用が多い。噴射式洗浄機は、高圧水を青果物に噴射して表面の汚れを除去するもので、表面に凹凸があるショウガなどにも適用できる。小ネギなどの根の洗浄には、高圧水と圧縮空気を併用した洗浄機が利用されており、下葉除去の作用も兼ねている。作業は一定量毎に行う間欠作業である。これに対して、ネットコンベヤなどで搬送しながら、高圧水を作用させて洗浄するタイプもある。ショウガ、カブ、カンショなどの根菜類の洗浄に利用されている。　最近では、洗浄と選別を連続して行えるダイコンの洗浄選別機も利用され始めている。作業の効率化の観点から、今後このような洗浄と選別などの作業を組み合わせた機械開発が望まれる。また、洗浄作業は、土やほこりあるいは農薬等を洗い落としきれいな荷姿にするとともに、冷水を利用することにより予冷効果も期待できる。現に、ニンジンの洗浄施設では施設を標高の高い場所に設置して、ダムの冷水を洗浄水として予冷効果をあげている産地もある。

清浄機は、ブラシやスポンジ等で土・ほこりを落し対象物をきれいに仕上げるもので、果菜類に多く利用されている。一般には「磨機」と称して市販されているものが多く、スイカ、メロン、ピーマン、タマネギ等で利用されている。これらはウレタンフォームやブラシを回転・揺動させて表面に付いている土、ゴミ、ホコリを取り除くものである。

４．選別用機械

選別には、青果物の品質によってを秀・優・良等に分ける等級選別と、大きさ・重さによってＬ、Ｍ、Ｓ等に分ける階級選別の２種類がある。階級選別の機械化は重量選別機を代表にかなり進んでおり、高精度・高能率で重量や大きさ別に選別可能となっている。一方、等級選別にあっては、ほとんどが人間の経験を基準とした目視評価によるもので、機械による客観的評価は表皮の色や形状の良否など一部に限られている。また、等級評価は外観と共に内部の品質も評価対象としているが、内部品質評価に関しては、表面の色具合、形状の良否、触感から推察する以外に手法がないため、ほとんどの青果物では内部品質による等級評価は、行われていないのが実状である。しかし、近年の電子技術の進歩にともない、一部の青果物ではあるが、人の経験と勘によって判定されていた内部品質も、非破壊で評価し選別する機械が実用化の段階に入っている。具体的には、果実の糖度や酸度等の評価が挙げられる（図４）。これらの機械は高価なこともあって共同選別施設での利用形態であり、農家が利用できる小型で安価な機械はまだ開発されていない。図５に選別機の分類を示す。

農家単位で利用する選別機は、果実や果菜類、根菜類を中心として、大きさや重さにより分ける階級選別機がほとんどである。大きさによる選別機には、ふるいやロールなどの間げきを利用して仕分けるものが多く利用されている。このタイプは連続して多くの処理が可能であるが、対象物が隙間を通り抜けるため不定型なものや軟らかいものには適さないが、機構が単純であるため操作やメンテナンスが容易である。このほか、ゴボウ等の太さをカメラ等のセンサ技術を利用して選別する機械も利用されている。非接触で太さを評価するため、対処物に損傷を与えることなく高精度に仕分けできるが、機械式に比べ高価である。重量による選別機は、重さの検知にバネや重錘を利用した機械秤式と、ロードセル等を利用した電子秤式のものがある。機械秤式の選別機は、10～15ｇ程度のラフな精度での選別であるが、メンテナンスが容易で取扱性に優れている。最近の重量選別機は、電子秤式が多く利用されており、機械

式に比べ高精度に選別ができ、選別基準もデジタルで任意に設定が可能になっている。

図４．ミカンの共同選別放送施設に導入された糖度評価装置

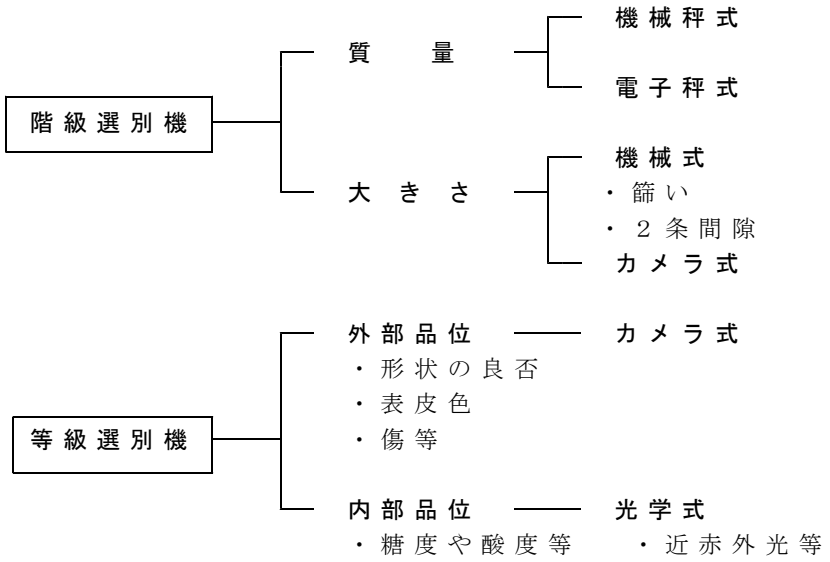


図５．選別機の分類

５．結束・包装用機械

野菜の結束機には、軟弱野菜などを一束に結束する小束結束機と、ダイコンやハクサイなどの重量野菜の結束に用いられるひも掛け機がある。小束結束機は、ニラ、ホウレンソウ、シュンギク、コマツナなどで利用されており、200ｇ程度を一束としてテープで結束するものが主流である。テープ結束を手動でするものと、電動でするものがある。最近は結

束するテープに、産地名等を印刷したものの利用がみられる。図６に、栃木県とメーカで開発したニラの結束機を示す。

図６．ニラ結束機

青果物の包装は、フィルム等による包装が多く、青果物全般に利用されている。その目的は結束と同様に商品性の向上と取扱の簡便化を図ることはもとより、フィルム等で包装することにより呼吸や蒸散を抑制して、鮮度保持効果を高めるために行われている。このフィルム包装用機械には、既製のフィルム袋に一定量入れる袋詰め機や、ロール状のフィルムを熱によって接着し袋を作りながら包装する製袋充填機がある。また、ストレッチ性フィルムに引張りをかけてトレー上の青果物を上包みするストレッチ包装機、熱収縮性フィルムで不定型な青果物を包装するシュリンク包装機、ナガイモやカット野菜の包装に利用されている真空包装機がある。近年では、レタスの包装機の普及が多くみられ、包装機への自動供給装置も開発され市販化されている。

６．おわりに

ここに紹介した機器は、一部新しい技術もあるが殆どが従来のものであり、この他にも多くの機器が利用されている。特に、野菜や果物は地域特産的なものが多いため、その地域での作業や出荷形態に合った機器を、産地独自で工夫して利用していることがある。また、最近の選別・調製等の機械（装置）の新技術は、青果物の内部欠陥や糖度・酸度の品

質評価技術の分野で多くみられるものの、調製・選別・包装作業を省力化する機械の開発は、今ひとつ遅れている。ほうれんそうを例にみると、下葉取り機や結束包装機が一部あるが、収穫以降の労働時間は全体の６割にもなる。これらの作業は繊細な作業が多く、しかも作業のできばえが直接商品の価格に影響するとあって、なかなか機械化が進まない。さらに、機械を開発するメーカ側でも、野菜用の機械はそれぞれの野菜毎の専用機にならざるを得なく、販売台数も米用の機械のように多くを見込めないため、積極的な開発がなされていないのが現状である。しかし、生産現場では、労働者の高齢化や後継者不足等による労働力不足は年々深刻さを増し、従来の手作業による生産体系では、生産基盤の弱体化は避けられない状況にある。こうした現状からも今後、機械化がより重要な課題であり、小量多品目の青果物用機械にも目を向けて、メーカや県・国等の機関を含めた積極的な機械開発の取り組みが望まれる。

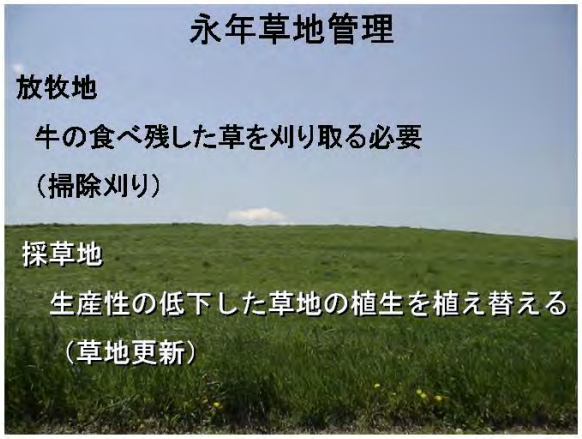
（生研センター　園芸工学研究部　園芸調製貯蔵工学研究）

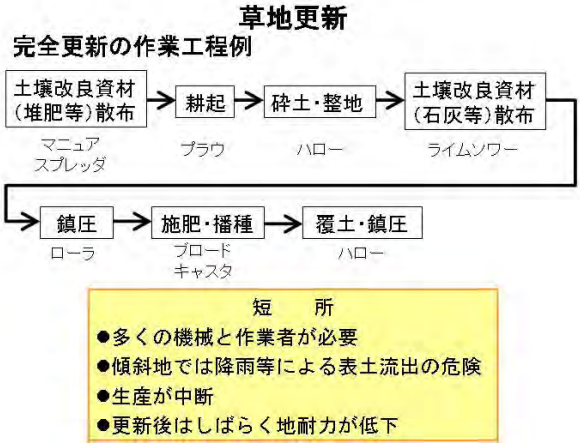
生研センターにおける飼料作用機械の開発

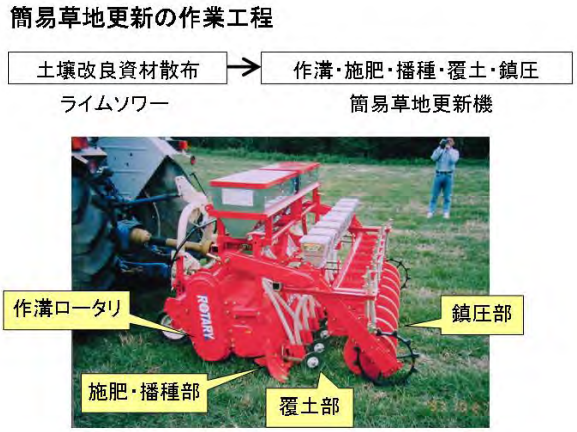
畜産工学研究部　飼料生産工学研究

1．これまでに実用化した開発機

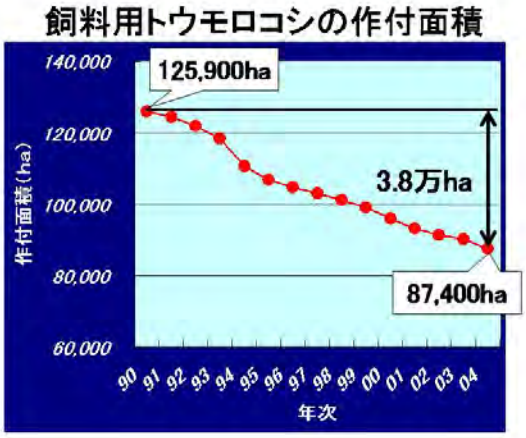
1）簡易草地更新機







2）細断型ロールベーラ



従来のサイロ詰めは重労働

バンカーサイロ

地下角形サイロ

スタックサイロ

サイロ詰めの留意点と課題

- ●踏圧・密封の巧拙がサイレージ品質に影響
- ●品質確保のため、サイロ詰め作業は迅速に
- ●天候の急変には対応困難
- ●炎天下での人手による作業が不可避

新しいトウモロコシ収穫調製体系

細断型ロールベーラ

開発目的

- •サイロ詰め作業からの解放
- •誰が作っても安定して高密度・高品質サイレージに

主な対象ユーザー

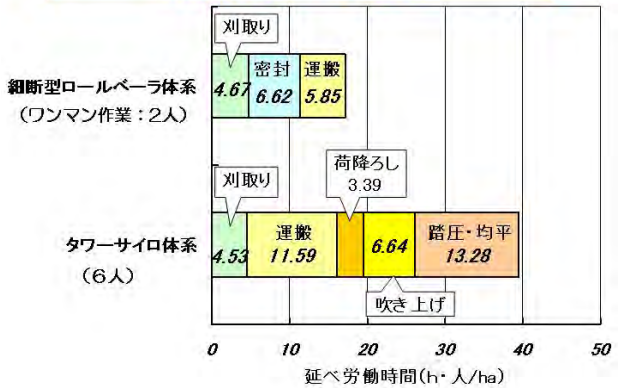
- •都府県の家族経営酪農家
- •中規模経営(成牛30～79頭)

平成16年から市販化

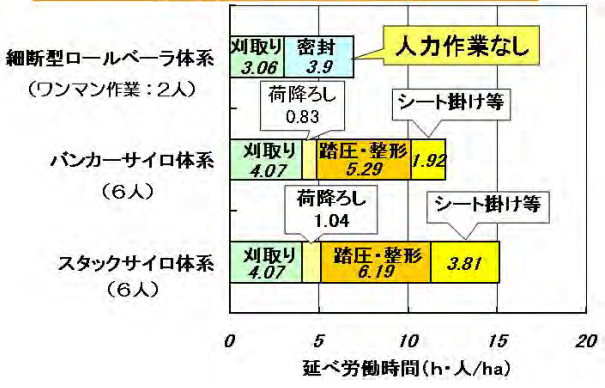
同時開発の対応ベールラッパ

- ●ロールベールを崩さず迅速に拾い上げ密封
- ●30PS以上のトラクタに対応
- ●牧草ロールにも対応（直径0.8～1m）

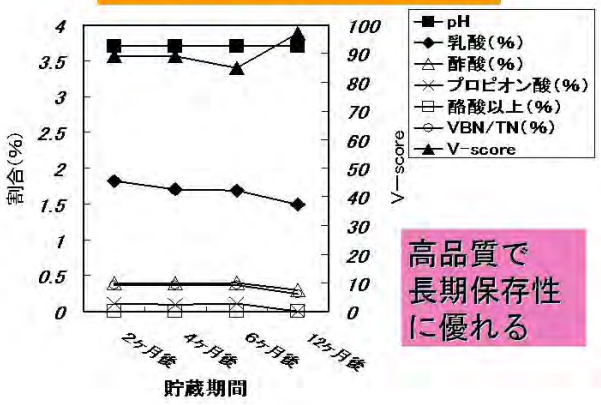
現行体系との比較①



現行体系との比較②



細断ロールベールのサイレージ品質



高品質で長期保存性に優れる

サイレージ品質

既存サイロとの調製ロスの比較事例

ラップサイロ：0.03%

FRPサイロ：15%

畑から牛の口までのロスが少ない

導入事例1（個人利用）

群馬県S牧場　経産牛40頭、労働力：２名

従来の作業体系

コーン作付5.5ha

導入後の作業体系

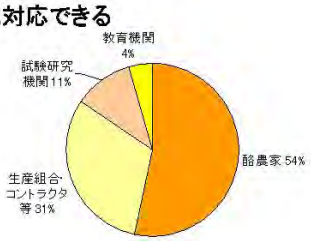
定置作業でロール（4haで利用）

ベールは圃場脇へ（後日、畜舎へ）

粗飼料自給率２%アップ！

導入農家からの評価

- サイロ詰めから解放され、心身ともに楽
- 給与作業も省力化
- サイレージ品質が長期保存でも非常に良い
- ロスが少ない
- 飼養頭数の増減に容易に対応できる
- 急な雨でも中断可能



２．生研センターが目指す近未来－汎用型飼料収穫機の開発

府県における小・大規模経営

●29頭以下の小規模経営層

農家数減少、機械の共同購入が困難

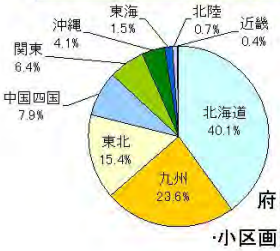
●80頭以上の大規模経営層

飼養管理で手一杯

コントラクタへの飼料作の外部化

新たな担い手として期待

コントラクタの現状



府県での伸びが期待されるが．．．

・小区画圃場のため、大型機械の導入が困難

・圃場が分散しており、作業効率が低下

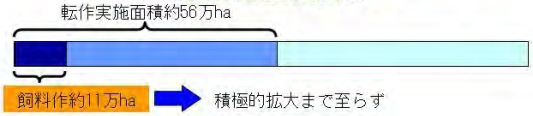
・農道が狭く、移動が困難

・府県では水田等が多い

３４%は水田飼料作

生産調整水田での飼料作の実態

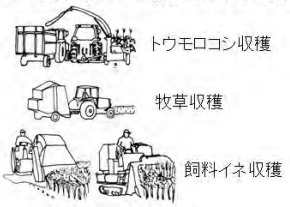
生産調整水田約106万ha



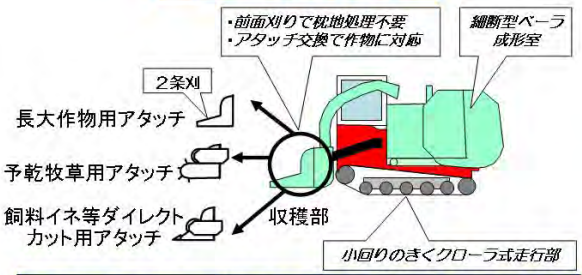
原　因

● 降雨後の排水不良、小面積
作業の停滞・能率低下

● 作物毎に別々の収穫作業体系が必要



汎用型飼料収穫機



•生産調整水田・水田裏作への飼料作の積極的拡大

•作業人数を削減

•高能率作業で負担面積の拡大

汎用型飼料収穫機

目標能力

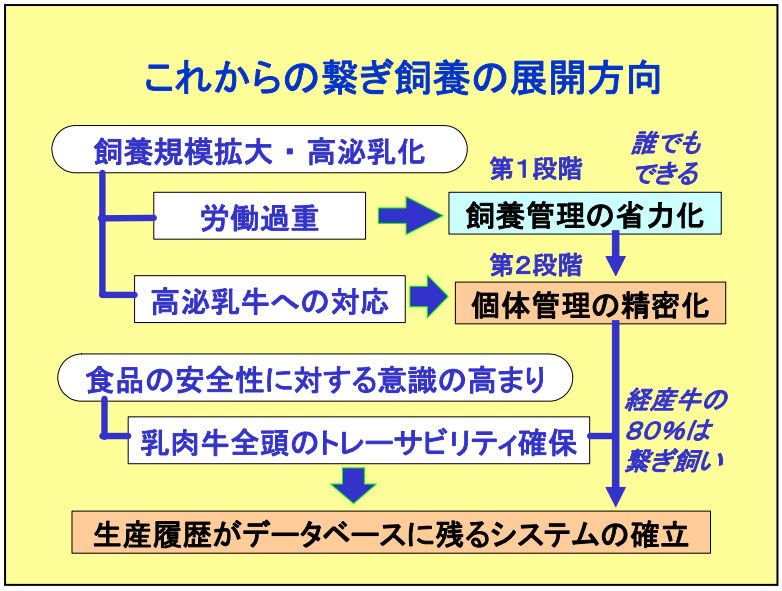
作業能率：30a/h以上（枕地処理含む）

ロール寸法：直径１m、幅85cm

作業幅：トウモロコシ－２条
予乾牧草－1.6m
飼料イネ－２m

平成20年度以降に実用化の予定

家畜管理工学研究



繋ぎ飼養の高度化

第１段階　省力化

搾乳ユニット自動搬送装置

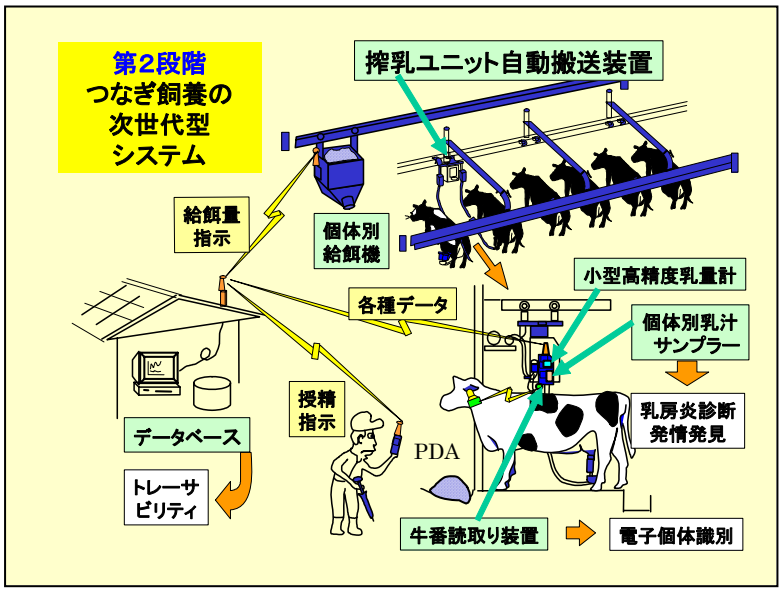
能率：50 頭／人時が可能

180 牧場（30～120 頭規模）

約半数 47%は北海道

個体別自動給餌装置

MAX ﾌｨｰﾀﾞ 130 牧場が北海道



第２段階　精密飼養管理

牛体情報ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞｼｽﾃﾑ

乳牛の電子耳標を識別

個体乳量データの自動収集

飼養管理 DB＋収集データ統合

個体別給餌量の自動計算・給餌

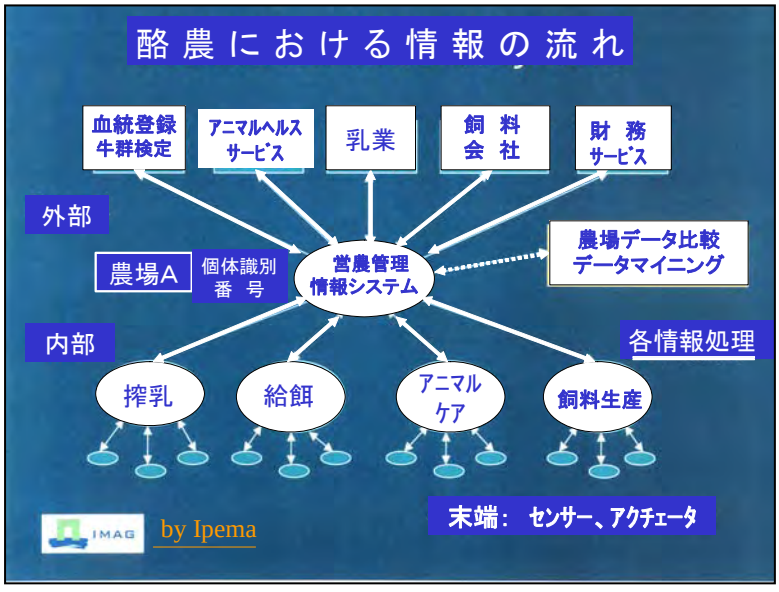
PDA（個体観察、データ確認・修正）

生産履歴情報の自動記録

放牧利用牧場への適用

搾乳禁止（注意牛）警告

乳房炎診断、発情発見の組込み



第３段階

データー元化による

酪農支援システムの確立

繋ぎ飼い（高度化システム）

FS ミルキングパーラー方式

搾乳ロボット

どの方式にも共通化

民間実験牧場での精密飼養管理システム（試作）

2005.11.23～　運用試験開始

○　実験牧場：対尻式６４床牛舎、パイプラインミルカー

（搾乳頭数 52 頭＋乾乳牛 8 頭）

○　搾乳ユニット自動搬送装置：４台・８ユニット

（乳量データ自動収集・無線 LAN 送信機能付き）

○　自動給餌装置ＭＡＸ2000：給餌データ表に基づき個体別給餌

（電子個体識別装置搭載、牛床・牛番データ収集）

各乳牛にはボタン型の電子耳標を装着。（識別率：95～98%）

○　牛舎ＰＣ（飼養管理データベース）無線 LAN 等による送受信

データの収集統合、各個体の期待乳量より給餌データ表作成・送信　→　給餌装置

電子個体識別による自動給餌

キャリロボによる乳量データ自動収集

ボタン型電子耳標

乳量データから給餌量を自動計算する泌乳曲線・給餌モデル

○　放牧対応、搾乳禁止（注意牛）警告

○　PDA：繁殖管理データの確認・処置、残飼確認・給餌データ表修正ほか

○　外部支援システムとのリンクをどうするか

衛生的な搾乳管理・乳質確保

乳頭清拭装置

衛生的乳質を確保

乳頭表面の細菌等の汚れ除去

乳頭刺激でオキシトシン分泌促進

布等による手作業では難しい安定した高い清拭効果を有する乳頭清拭装置

（１）構造

円筒型容器内に正逆転ブラシを有し、乳頭挿入口（シリコン膜）近傍から噴射する洗浄水により乳頭表面を清拭し、洗浄汚水を吸引排出。抜き取り時にシリコン膜により付着水をかき取る構造（平成13年度、15年度特許出願）。

（２）効果

乳牛１頭当たり30秒の機械清拭により、変法ミネソタ法（慣行法と比較して残存汚れが１／10程度に低減）と遜色ない試験結果（H17）。

（３）問題点

乳頭根元の汚れ除去（農家要望）。

表　清拭後の乳頭付着細菌数（表面１cm2 当たり CFU、対数値）の比較

部位	清拭方法	清拭時間	ﾊﾟｰｾﾝﾀｲﾙ値別の細菌数(対数値)				
		(秒/頭)	10	25	50	75	90
乳頭側面	変法ﾐﾈｿﾀ法[1)]	70～90	1.00	1.30	1.91	2.61	3.39
	機械清拭	30	1.00	1.00	1.30	2.06	2.53
乳頭先端	変法ﾐﾈｿﾀ法[1)]	70～90	1.00	1.81	2.81	3.59	4.12
	機械清拭	30	1.30	1.65	2.08	2.66	3.34

１）変法ミネソタ法：薬液浸漬(有効ヨウ素 0.1%)→作用時間(30 秒)中に汚れの溶解を図るため乳頭マッサージ → 脱水タオルで拭き取り。
残存率：～0.2%

（４）適用

繋ぎ飼い搾乳、パーラー搾乳（プレディップ法：残存率　5%）

ロボット搾乳（現状、残存率 13%、根釧農試データ）

高品質堆肥生産に関わる機械・装置

生研センター 畜産工学研究部 飼養環境工学研究

家畜ふん尿の野積みや素掘りの解消などを目的として「家畜排せつ物法」などの環境３法が施行され，昨年 12 月１日時点で 99.9%の処理施設の整備が完了した（農水省，2006）と発表された。しかし，家畜ふん尿は年間約 9000 万トン排出されているが，環境との調和のためには，ふん尿量に対して十分な圃場面積を確保しているか，あるいは他に利用先が確保されていなければならない。酪農全国基礎調査（(社) 中央酪農会議，2002）によれば，経営内でふん尿を利用しきれない酪農家および必要量を超えて投入している酪農家の合計は約 50%となっている。一方，家畜排せつ物たい肥の利用に関する意識・意向調査（農水省，2005）によれば，耕種農家の８～９割程度（経営部門別）は今後堆肥を利用したいと回答している。また，堆肥を積極的に利用している耕種農家を対象に行われた調査(志賀ら，2001）では，種子混入 24%，生育障害 18%，臭気 16%など品質向上や環境問題をあげる割合が高くなっている。堆肥は，発酵時の高温によって雑草種子や病原菌を死滅できる。また，好気的条件下における有機物分解の促進によって悪臭を減らすことができる。堆肥化する際の材料の温度や易分解性有機物の分解などをクリアし，耕種農家のニーズにあった高品質な堆肥の生産技術が必要である。環境と調和した持続的な農業生産を確保するため，畜ふん堆肥の取扱性向上や品質の安定化を図り，品質表示を行って土作りに活かし，耕種農家等に利用してもらうことが求められている。

１．堆肥化技術

堆肥化は，家畜ふんの中に存在する好気性の微生物により，家畜ふん中に含まれる有機物を好気条件のもとで分解し，安定した有機物すなわち堆肥を生産する操作である。堆肥化を促進させるためには，これらの微生物が活発に活動できるように栄養源，温度，水分，酸素などの環境を制御することが必要となる。堆肥化開始時には，堆肥材料の水分調整が重要である。家畜の種類や副資材，堆肥化方法などによって多少異なるが 55～72%程度に調整することにより，堆肥材料中の通気性が改善され，強制通気，撹拌・切返し時に酸素が十分供給されるようになる。堆肥材料に酸素が十分供給されると，微生物が有機物を分解し，その過程で熱が発生して堆肥材料の温度が上昇する。家畜ふんでは乾物１kg当たり 4,000～5,000kcal（16.7～20.9MJ）程度の発熱量をもち，材料の水分蒸発を促す。温度は，その経時的な変化等を把握することにより，堆肥化が順調であるかどうかの目安にすることができる。また，60℃以上の高温を維持することにより，堆肥材料中の水分蒸発が促進されるほか，病原菌，寄生虫，雑草の種子を死滅させることができる。

２．堆肥化施設の種類

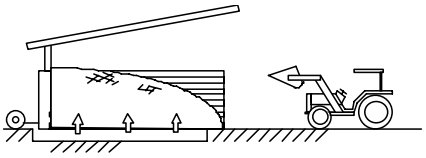
堆肥化処理は，堆積方式と攪拌方式に分けられるが，堆積方式はショベルローダ等で切返し（撹拌）を行う方式で堆肥盤や通気型堆肥舎などである。この方式は，簡易かつ運転コストは小さいが，処理日数は撹拌方式に比べて長いとされている。攪拌方式は，開放型

の発酵槽上部に攪拌機が走行し，堆肥材料を定期的に攪拌すると同時に少しずつ移動させる開放型タイプおよび密閉された円筒状の発酵槽に材料を投入し発酵槽の回転や内部の攪拌機によって材料が攪拌されながら堆肥化される密閉型タイプがある（表１，図１）。

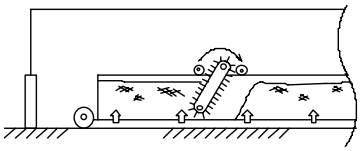
表１　堆肥化処理方式の種類

区　分		名　称	実用上の呼称等
堆積方式	無通気型	堆肥盤	堆肥盤
		堆肥舎	堆肥舎
		ﾊﾞｯｸﾞ	ﾊﾞｯｸﾞ
	通気型	通気型堆肥舎	通気型堆肥舎
攪拌方式	開放型※	直線型堆肥化装置（単列・複列）	開放・直線型堆肥化装置（単列･複列）
		円形型堆肥化装置	開放・円形型堆肥化装置
		回行型堆肥化装置（楕円形）	開放・回行型堆肥化装置（楕円形）
	密閉型	縦型堆肥化装置	密閉・縦型堆肥化装置
		横型堆肥化装置	密閉・横型堆肥化装置

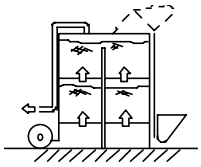
注）攪拌方式の開放型堆肥化装置には，通気型，無通気型がある。
　　道宗：畜産環境アドバイザー研修資料（財）畜産環境整備機構より



通気型堆肥舎



開放・直線型堆肥化装置



密閉・縦型堆肥化装置

図１　堆肥化処理方式の種類

表２　堆肥化処理日数の目安（中央畜産会）　　単位：日

日　数 ＼ 堆肥化処理方式	畜ふんのみ（戻し堆肥を含む）		副資材添加の場合	
	一次処理（発酵槽）	二次処理（堆肥舎）	一次処理（発酵槽）	二次処理（堆肥舎）
堆　肥　舎	－	50～60	－	150～180
通気型堆肥舎	20～25	15～20	25～30	65～ 90
開放型堆肥化装置	15～20	15～20	20～25	40～ 65
密閉・縦型	10～14	20～26	－	－
密閉・横型	5～ 7	25～33	－	－

注）作物収穫残さ添加の場合は下限日数，木質系副資材添加の場合は上限日数とする。

開放型堆肥化装置は，攪拌機などの切り返し装置を使って材料を強制的に１日に１回程度攪拌するものが多い。発酵槽の深さも 50 ㎝～２ｍ程度の幅があるが発酵時の材料温度を高温で維持するには発酵槽の深さが１ｍ以上あることが望ましいとされている。堆肥化の

処理日数は２週間～20 日間程度であり，その後二次発酵として堆肥舎で同程度の期間堆積発酵される。密閉型発酵装置には，縦型と横型のキルンタイプがあり，基本的には材料を毎日投入し発酵槽内の発酵中の材料と混合して発酵促進を図る方式であり，一次発酵の処理日数は７日間程度と短く，その後約１ヶ月間二次発酵を行う。

３．堆肥化に関する課題と技術目標

堆肥化装置は，易分解性有機物を分解する一次処理の効率化を図るなど堆肥化の促進が目的である。通気によって堆肥化が促進されることは知られているが，これまで現場においてその時点で適正な通気量を把握し，その通気量を供給することは困難であった。温度は発酵の目安とされるが，堆肥材料には温度ムラが存在し，しかも温度履歴が不明な状態では，せっかくの温度情報も有効に活かしきれない。これらの理由により，どのタイプの堆肥化装置でもユーザーの経験を踏まえた運転管理技術に頼るところが大きく，誰もが上手に堆肥化できるとは限らない。前述した処理期間は，攪拌機等によって排出されてしまう期間であり，必ずしも堆肥化が終了した期間ではない。そこで，易分解性有機物の含有割合に相当する有機物分解率 30%程度，堆肥材料温度 60℃以上を２日間以上維持できる堆肥化技術を確立し，誰が行っても高品質な堆肥を生産できる技術が必要と考えられる。また，初期及び運転コストを低減し，耕種農家に安価な堆肥を提供することが必要である。以上の理由により，これまで整備された堆肥化施設を有効に使い，あるいは必要な改良を行って施設の高度化を図り，高品質な堆肥を安価に生産するための技術が必要である。最近実用化された「高精度固液分離装置」，「自然エネルギー活用型高品質堆肥化装置」，「品質管理型堆肥自動混合・かくはん装置」（いずれも生研センター開発）を紹介する。

４．高精度固液分離装置

１）開発の背景と装置のコンセプト

家畜ふん尿の堆肥化では，オガクズなどを混合して含水率 55～72%程度にすることが推奨されている。牛ふん尿は，固液分離された固形分の水分が 75%程度であれば発酵が始まる（原，1996）といわれているが，排せつ直後は含水率が 85%程度あり，搾乳牛 50 頭分のふんにオガクズを混合して含水率 75%程度まで調整しようとすると，年間 150 万円程度の費用となるほか，堆肥材料の量が増え，堆肥化施設の規模も大きくなる。ふん尿を固液分離できればオガクズの購入費が削減でき，堆肥材料の量を低減できる。量の減少により，切返しなどの労力の低減，堆肥化施設規模の縮小化が期待できる。しかし，従来の固液分離装置は，安定して搾れる装置が少なく，また，強く搾ると液状分に多くの固形分が流出していた。小石等による破損の問題もあり，普及が進まなかった。

本装置は，生ふんに尿が混合された状態を想定した含水率 88～92%程度の範囲で，麦稈や牧草などの混入が少ないふん尿を対象とし，開発目標を①固形分の含水率 75%以下（従来技術 75～80%），② 固形分回収率 65%以上（従来技術 35～65%），③ 作業能率 ３m^3/h（搾乳牛 50 頭相当）以上，④ 異物による故障発生を大幅低減，⑤ 低コスト化とした。

２）装置の概要

開発した装置は，スクリュープレス式の固液分離装置である（図２，表３）。スクリーンにはウェッジワイヤを採用し，固形分排出側において傾斜した方向の間隙のスクリーンと

した。原料に混入した小石等によるスクリーンの破損防止の可能性の大幅低減のため，スクリューの外周部分に切欠きを設けた。さらに，原料の性状変化に対する性能の維持と固形分のスムーズな排出のためにバネによる圧力調整方式の抵抗体を開発した。

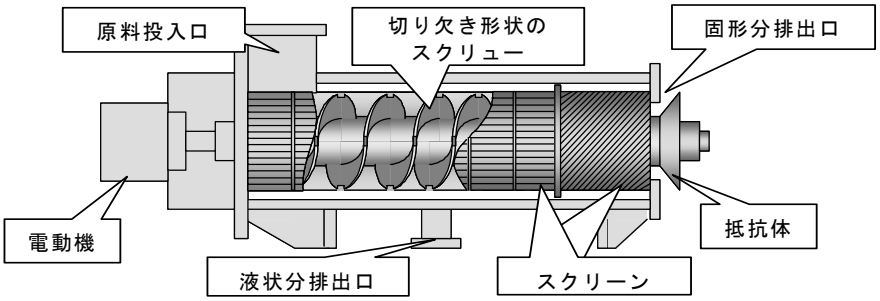


図２　高精度固液分離装置の概要

３）装置の性能

民間牧場で含水率 87～92%程度の範囲のふん尿を固液分離した結果，含水率 69～74%程度の固形分に分離することができる（表４）。固形分の回収率は 65～89%程度であり，従来と比較して向上している。また，作業能率は３m^3/h 以上である。

表３ 装置の基本仕様

全長×全幅×全高　(mm)		1800×1000×1100
質　量　(kg)		300
電動機　(kW)		5.5
スクリーン	種　類	ウェッジワイヤ
	目　幅　(mm)	1.0
スクリュー		切り欠き形状

表４ 試験結果（Ｅ牧場，さいたま市）

原料含水率　(%)	86.9～92.0
処理能力　(m^3/h)	3.2～ 4.9
固形分含水率　(%)	69.1～74.3
固形分回収率　(%)	64.8～89.3

５．自然エネルギー活用型高品質堆肥化装置

１）装置の概要

本装置は，搾乳牛 50 頭相当（処理量 3.6ｔ/日程度）以下の戸別農家を対象とした施設で，比較的簡易な構造で設備費の安価な通気型堆肥舎をベースとしている。従って材料の投入，堆肥の搬出，週１回程度の攪拌作業は作業者がショベルローダ等で行う。

装置は，４槽の通気型発酵槽，通気を遠隔制御できる堆肥化制御システム，太陽光発電システム等で構成する（図３，表５）。堆肥化制御システムは，堆肥材料の堆積高さ別温度，通気量，堆肥化処理日数等の情報によって堆肥材料の発酵状況を把握できるため，これらの情報に基づいて通気量等を制御して堆肥化を促進できる。また，インターネットを活用したモニタリング機能を持ち，どこからでも発酵状況を見ることができる。太陽光発電システムは，発電電力（設備電力３kW）を堆肥化装置の通気用送風機（400W，４台）の電力として利用できる。送風機は，商用電力で稼動させることも可能である。

２）装置の性能

民間牧場に装置を設置し，堆肥材料を１週間毎に投入して同日に切返しも行う方法で堆肥化した結果，堆肥材料の種類，投入材料の初期含水率等によらず，高品質な堆肥の目安とした有機物分解率 30%や温度 60℃以上を達成できることを確認した（表６）。一次処理

期間を４週間としたが，期間の短縮は，堆肥材料の総量の削減になり，発酵槽の小型化や通気量の低減にもなる。

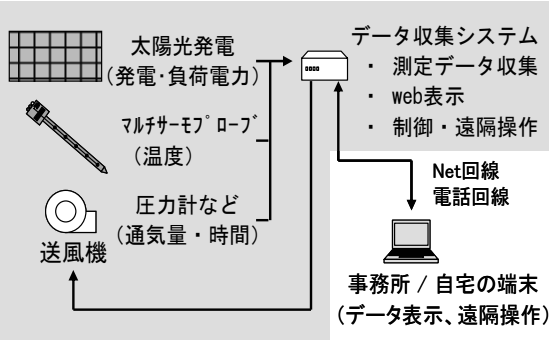


図３　堆肥化制御システムの概要

表５　装置の主要諸元

堆肥化処理方式		通気型堆肥舎
通気型発酵槽	面　積（m^2/槽）	24（４m×６m）
	槽　数　（槽）	４
切返し回数　（回/週）		１
通気用送風機　（W/槽）		400
通気量　（L/min/m^3）		70 以下
マルチサーモプローブ	長　さ　（mm）	1,850
	質　量　（kg）	4.5
	測定点数（点）	８（25cm 間隔）

表６ 試験結果例

	北海道	鹿児島県	愛知県
主な材料	搾乳牛	子取用雌	肥育牛
副 資 材	ワラ，オガクズ	バガス	オガクズ
投入時材料水分　（%）	80	80	70
処理期間　（week）	４	４	４
通気量制御範囲（L/min/m^3）	35～70	35～70	35～70
設定通気時間　（h/day）	６	６	６
60℃以上２日間達成の可否	可	可	可
有機物分解率　（%）	31～39	30～35	29～31

６．品質管理型堆肥自動混合・かくはん装置

１）装置の概要

本装置は，搾乳牛 100 頭相当（処理量 7.5ｔ/日程度）以上の大規模農家や共同利用施設等を対象として開発した。攪拌作業や通気の自動化により，堆肥化の省力化，効率化，運転費の低コスト化がねらいである。従来の攪拌装置付きの堆肥化装置と異なり，本装置は，材料を投入した位置から移動させず，攪拌作業は週１回程度とし，必要な処理区のみ別途作業できる構造とするなど最小限の作業で堆肥化の促進を図ることができる。また，材料の投入位置，処理日数，材料の温度等を認識し，それらの情報に応じて通気を制御する。

装置は，昇降機構を有するロータリ攪拌部，堆肥化処理の過程で堆肥材料の発酵状況を把握し，その情報に基づいて通気，攪拌作業等を制御する品質管理制御システムを搭載し，往復走行および攪拌作業を行う（表７）。発酵槽の任意の場所に材料を投入でき，往復攪拌が可能であるために材料を投入位置から移動することなく堆肥化できる。昇降機構を有しているため，必要な処理区のみ別途攪拌作業することも可能である。

品質管理制御システムは，位置センサ，温度センサ，臭気センサを搭載し，位置センサによって材料の投入位置を把握し，温度，臭気，処理日数で品質を管理しながら，その情

報に基づいて通気量及び通気時間を制御する。処理日数，温度，材料から発生する臭気の各データにより堆肥化処理状況や堆肥化一次処理の終了時を把握できる。

２）装置の性能

試験は，敷料利用されている戻し堆肥と生ふん尿の混合物とオガクズを１週間毎に投入して行った。材料の切返しは週１回行い，処理期間と材料温度に基づいて通気を制御した。その結果，有機物分解率は目標の 30%をほぼ達成できた（表８）。また，温度も 60℃以上を 10 日間以上確保でき，４週間で一次処理を終了できる可能性が得られた。

表７　装置の主要諸元

全長×全幅×全高 (mm)		3200×6140×3240
質　量 (kg)		5,500
攪拌部	方　式	ロータリ式往復攪拌型
	攪拌爪径 (mm)	2,000
	軸回転数 (rpm)	30
	攪拌動力 (kW)	11
	昇降動力 (kW)	0.75×２台
走行部	方　式	４輪（車輪・レール併用）
	速　度 (m/min)	0.6/0.3（走行/攪拌）
	動　力 (kW/輪)	0.2

表８　試験結果例

試験区		①	②	③
投入時含水率	(%)	67.6	66.3	62.6
堆肥化期間	(日)	27	29	28
60℃を越えた期間	(日)	19	12	10
有機物分解率	(%)	33.5	29.8	34.8

※ 副資材に戻し堆肥（含水率 25～30%程度）を利用

参考文献

１）道宗直昭（2000）：畜産臭気の脱臭技術，畜産環境アドバイザー養成研修会資料，（財）畜産環境整備機構，75～85

２）（社）中央酪農会議（2002）：酪農全国基礎調査，115

３）原田泰弘，道宗直昭（2004）：高品質な堆肥生産を求めて，ブレインテクノニュース，№106，24～28

４）原令幸（1996）：乳牛ふん尿を対象とした固液分離機，マニュア・マニュアル’96，酪農ジャーナル臨時増刊号，87～99

５）農水省大臣官房情報課（2005）：家畜排せつ物たい肥の利用に関する意識・意向調査結果

６）生研センター（2004）：平成 16 年度開発機の概要及び成績書，3～9

７）志賀一一，藤田秀保，徳永隆一，吉原大二（2001）：酪農における家畜ふん尿処理と地域利用，99～102